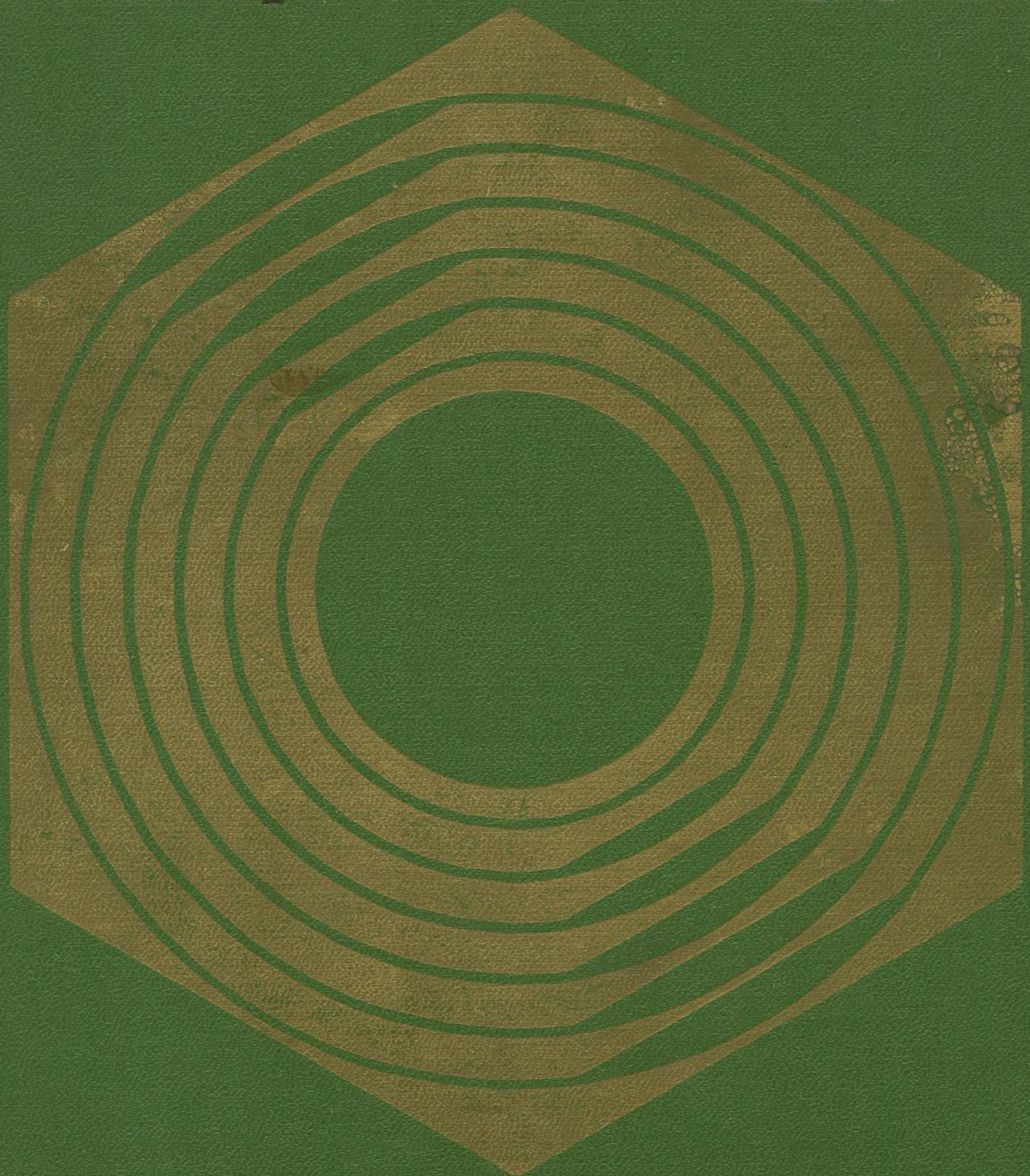
Детская Энциклопедия

5



ДЭ 5

Техника и производство

Содержание

Г. М. Кржижановский
5 Учитесь, думайте, трудитесь, дерзайте

Техника и экономика сегодня

М. Д. Миллионщиков
7 Научно-техническая революция и наши задачи
Т. С. Хачатуров
11 Техника и экономика

Машина — основа современной техники

И. И. Артоболевский
18 Человек и машина
Л. Г. Ларионов
19 Что мы называем машиной
20 Узлы и детали машин
Рабочие органы
22 Двигатели
23 Передачи
27 Опоры
28 Тормоза
30 Соединения
31 Устройства управления
Станины и ходовое оборудование
32 Как создается машина
КБ получает задание
33 Машина обретает контуры
34 Стандарты и качество
35 Взаимозаменяемость и допуск
Унификация деталей и типизация машин
36 Из чего делают машины
37 Надежность и долговечность
38 Техника безопасности
39 КБ сдает заказ
40 Чертеж — язык техники
44 Что такое технология
46 Сколько стоит машина
49 Организация работы машиностроительного предприятия

Энергия и энергетика

Л. В. Викторов
56 Приручение энергии
57 Живые двигатели
57 Ветер в упряжке
Паруса. Ветряные мельницы. Ветряные двигатели
58 Ветроэлектрические станции
59 Вода вращает колеса
Плотины и водохранилища. Водяные колеса
60 Гидравлические турбины
62 Гидроэлектростанции (ГЭС)
64 Пар работает
Паровые котлы
65 Паровая машина
66 Паровая турбина
68 Тепловые электростанции (ТЭС)
69 Геотермические электростанции и гелиостанции
69 Двигатели, в которых работает пламя
Бензиновые двигатели
70 Дизельные двигатели
Газовая турбина
72 Реактивный и ракетный двигатели
73 Электростанции на двигателях внутреннего сгорания
74 Электрический ток
75 Слагаемые энергосистемы
Электрогенераторы
76 Трансформаторы
Выключатели
Линии электропередачи (ЛЭП)
79 Электродвигатели
80 Электрические сети и системы
И. С. Бухтеев
81 Приручение атом
Ядерный реактор
82 Атомные электростанции
Л. В. Викторов
83 План ГОЭЛРО и будущее энергетики
План ГОЭЛРО и его выполнение
84 Новые источники энергии
В. С. Борушко
87 Марка «Сделано в СССР» — на всех континентах

Автоматика и кибернетика

Б. В. Фомин
88 Нас окружают автоматы
89 Истоки автоматического управления
90 Где нужны автоматы
91 Станки полуавтоматы и станки-автоматы
91 Положительные и отрицательные обратные связи
93 «Органы чувств» автоматов
Датчики
94 Усилители
95 Реле
96 «Профессии» автоматов
Автоматы контролируют
97 Надежная защита
98 Автоматическое регулирование
Автоматическое управление
99 Телемеханика — управление на расстоянии
100 Комплексная автоматизация
103 Автоматизация и кибернетизация в век научно-технической революции
Г. И. Белов
104 Управляющие машины и системы управления
Б. В. Фомин
107 Что будет завтра
Г. И. Белов
108 Подведем итоги...

Электрическая связь, радиотехника и электроника

Г. Б. Давыдов
110 О будущем и прошлом
112 Электрическая связь
Телефонная и телеграфная сети
Оконечные аппараты
115 Линии и каналы связи
119 Автоматические коммутационные станции
В. Е. Демидов, Н. Т. Петрович
121 Радиотехника и электроника
Когда и кем было изобретено радио?
122 Всемогущее семейство электромагнитных волн и электрических колебаний
125 Радиосвязь — мост из радиоволн
Действия с электрическими колебаниями
126 «Кирпичики» радиоустройств
130 Полупроводниковые диоды и триоды
134 Заглянем в радиоприемник
135 «Экскурсия» по передатчику
137 Телевидение — картинка, которую делают электроны
140 Радиолокация: электромагнитные волны, делающие видимым невидимое
143 Радиоастрономия: гиганты исследуют гигантов
144 Радиоуправление: радиоволны ведут ракету
146 Магнитофон: звук и картинка, записанные на пленку
148 Промышленная электроника: электроны и ионы за работой
151 Микроэлектроника — электроника будущего

Техника космоса

В. И. Севастьянов
152 Человек и космос
Ю. В. Колесников
155 «Мощной ракетой-носителем выведен...»

159 От космодрома до космоса
162 На орбите космический корабль
167 Земля всегда с тобой
170 Задание выполнено
173 На орбите робот
178 Станция назначения — Венера
181 Человек осваивает Луну
189 От орбитальных станций к «эфирным поселениям»
193 Марс принимает гостей
196 «Невозможное сегодня станет возможным завтра»

Как добывают полезные ископаемые

Н. В. Мельников
199 Из истории горного дела
В. И. Рич, М. Б. Черненко
201 Способы добычи полезных ископаемых
202 Добыча нефти и газа
Как бурят скважины
205 Хранение и транспортировка нефти и газа
206 Добыча угля и руды
Подземный забой
208 Забой под открытым небом
210 Машины непрерывного действия
212 Подводная добыча полезных ископаемых
213 Как обогащают полезные ископаемые
В. А. Друянов
214 Как добывают соль
216 На торфяных разработках
В. И. Рич, М. Б. Черненко
218 Откуда берутся алмазы

Как получают металлы

И. С. Пешкин
222 Черная металлургия
Металлы вокруг нас
Железо, сталь, чугун
223 Что требуется для выплавки чугуна
225 Доменная печь
226 Чугун превращается в сталь
227 Мартеновская печь
229 Кислородные конвертеры
Легированная сталь
230 Сталь высокой чистоты
232 Рождение стального слитка
Непрерывная разливка стали
235 Прокатка стали
236 Металл приобретает форму
239 Сегодня и завтра черной металлургии
240 Получение и применение цветных металлов и сплавов
Р. Г. Григорьев
Цветные металлы
Н. В. Гудима
242 Сплавы
И. С. Пешкин
243 Металл и форма
Деталь и металл
244 Литейная форма
Литье в землю
247 Литейные без земли
249 Ковка и штамповка
250 Искусство нагревать металл
251 Два способа ковки металлов
252 Ковочные машины
254 Автоматический «кузнец»
Штамповка взрывом
Прессование и холодная высадка
Б. В. Ляпунов
255 Порошковая металлургия

Как обрабатывают металлы

Д. М. Беркович
257 Обработка металлов резанием
Что такое теория резания
258 Типы металлорежущих станков
261 Как повысить производительность станка
262 Новые методы обработки
А. Т. Кравец
Электроэрозионная обработка
Б. Х. Мечетнер
264 Работает ультразвук
И. И. Мороз
265 Электрохимическая обработка металлов
Б. Х. Мечетнер
267 Свет работает (лазер)
М. Д. Бочарова
269 Электроннолучевая обработка
Г. И. Бабат
270 Обработка токами высокой частоты
Б. Е. Патон
271 Как сваривают металлы
Самый древний и самый современный способ
272 Что такое сварка?
273 Сварка плавлением
276 Сварка давлением
277 Сварка плавлением и давлением
А. Б. Клячко
278 Контрольно-измерительная техника и дефектоскопия
Техника прочности
283 Автоматы-контролеры
284 Дефектоскопия
Б. В. Ляпунов
286 Защита металла

Химическая промышленность

В. З. Азерников
289 На современном химическом заводе
От лаборатории до чертежей
290 В работу включились проектировщики
291 На химическом заводе
293 В цех на окисление...
294 Самые высокие аппараты
295 И наконец — в капролактам...
298 Как получают серную кислоту
299 Изделия из газа
301 Химический завод — автоматизированное предприятие

Строительство

В. Т. Шимко, Е. Г. Кутухтин
302 Что такое строительство
303 Что мы строим
306 Конструкции
309 Из чего мы строим
315 Как мы строим
В. Т. Шимко
325 Наука — строительству

Как изготовляют одежду, обувь и продукты питания

З. П. Преображенская
329 От волокна до ткани
Натуральные текстильные волокна
330 Химические волокна
331 Изготовление пряжи
332 Производство тканей
335 Отделка тканей
336 Ткани, которые не ткут
337 На швейной фабрике
339 Ботинки на конвейере
Г. Юрмин
343 Хлебозавод
Е. Б. Борисов, И. И. Пятнова
345 Как делают молочные продукты
Г. Юрмин
348 Мясокомбинат
Е. Б. Борисов, И. И. Пятнова
350 Сахарный завод
Л. Я. Гальперштейн
353 Кондитерская фабрика

355 Консервный завод
В. И. Канторович
358 Искусственный холод
Как работают холодильные машины
359 Как используют искусственный холод
362 Глубокий холод

Транспорт

Т. С. Хачатуров
363 Единая транспортная сеть СССР
366 Железнодорожный транспорт
Путь должен быть по возможности пологим и прямым
367 Мосты и тоннели
Почему поезда не сходят с рельсов?
Железнодорожный путь
369 Как укладывают шпалы и рельсы
Электрическая и тепловозная тяга
374 Вагоны
376 Станции и перегоны
378 Автоматика помогает машинисту и диспетчеру
График работы железных дорог
379 Водный транспорт
Э. Г. Логвинович
Суда
От плота до атомохода
381 Из чего строят суда
382 Как устроено судно
Э. Г. Логвинович, Г. Н. Финкель
383 Какие бывают суда
М. А. Гречин
393 Суда на подводных крыльях
394 Суда на воздушной подушке
В. М. Полянский
396 Автоматы помогают судоводителям
Ю. В. Медведев
397 Водные пути
400 Порт
403 Авиационный транспорт
В. Е. Демидов, А. Л. Пухов
403 Авиация началась с мечты
А. М. Маркуша
406 Машины нашего неба
Сложное начинается с простого
407 Воздушный лайнер
409 Сверхзвуковые лайнеры
410 Вертолеты
411 Авиация в народном хозяйстве
412 Наши крылатые защитники
А. Л. Пухов
414 Будущее авиации
Н. Я. Кондратьев
417 Техника помогает водить самолеты
В. Е. Демидов
421 Аэродром
Ю. А. Долматовский
423 Автомобильный транспорт
Автомобили вчера, сегодня, завтра
439 Автомобильные дороги

Техника на службе науки, искусства и быта

В. А. Волков, В. И. Клепиков
440 Техника медицины
Приборы — «глаза» и «уши» врача
443 ЭВМ ставит диагноз
Техника помогает хирургу
444 Лазер на службе медицины
Заглянем в будущее
Н. В. Вершинский
445 Техника помогает изучать подводный мир
А. А. Дорохов, А. Л. Румер
449 Как печатают книги
Л. Я. Гальперштейн
455 Фотоаппарат и киносъемочная камера
460 Техника кино
Е. В. Смирнова
463 Осветительная техника
А. В. Чапковский
464 Как получают питьевую воду
Сколько воды на земном шаре?
Вода приходит в дом
466 Как сделать соленую воду пресной
О. И. Жолондковский
468 Отопление, вентиляция, кондиционирование
И. А. Ламм
471 Техника почтовой связи
Э. Ц. Гурвич
473 Пожарная техника
А. А. Поляков
477 Транспорт большого города
Б. В. Зубков
479 Техника помогает рубить лес, заготовлять древесину, восстанавливать леса
А. А. Дорохов
482 Как делают бумагу

Выдающиеся деятели техники

В. И. Остольский
485 И. И. Ползунов
486 И. П. Кулибин
М. И. Поступальская
486 Джеймс Уатт
В. С. Виргинский
487 Джордж Стефенсон
А. С. Федоров
488 П. П. Аносов
М. И. Поступальская
489 П. Н. Яблочков
489 А. Н. Лодыгин
Д. М. Беркович
490 Н. Е. Жуковский
М. И. Поступальская
491 Томас Алва Эдисон
Г. А. Назаров
492 К. Э. Циолковский
М. И. Поступальская
493 Рудольф Дизель
В. М. Родионов
494 А. С. Попов
А. С. Федоров
495 А. Н. Крылов
Г. А. Назаров
496 Роберт Годдарт
496 Ф. А. Цандер
В. Н. Бендеров
497 А. Н. Туполев
Г. А. Назаров
498 Ю. В. Кондратюк
Ю. В. Колесников
499 С. П. Королев

Юным любителям техники

Ю. С. Хухра
501 Несколько советов начинающему моделисту
С чего начать?
502 Рабочее место
Конструирование моделей
503 Испытание модели

Справочный отдел

В. И. Каплан
504 Что читать по технике
Б. А. Дмитриев
513 Словарь-указатель
527 Условные обозначения и сокращения
С. И. Венецкий, В. Е. Демидов, А. В. Чапковский
Знаете ли вы?
237, 238, 300, 301, 425

Коммунистом
стать можно лишь тогда,
когда обогатишь свою память
знанием всех тех богатств,
которое выработало
человечество.

В. И. ЛЕНИН

Академия педагогических наук СССР

Детская Энциклопедия 5

Для среднего и старшего возраста

Третье издание

Главный редактор
МАРКУШЕВИЧ А. И.

Члены главной редакции:
АРТОБОЛЕВСКИЙ И. И.
БАННИКОВ А. Г.
БЛАГОЙ Д. Д.
БРУСНИЧКИНА Р. Д.
БУЦКУС П. Ф.
ВОРОЖЕЙКИН И. Е.
ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ Б. А.
ГЕНКЕЛЬ П. А.
ГЕРАСИМОВ С. А.
ГОНЧАРОВ А. Д.
ГОРШКОВ Г. П.
ДАНИЛОВ А. И.
ДЖИБЛАДЗЕ Г. Н.
ДОЛИНИНА Н. Д.
ДУБИНИН Н. П.
ИВАНОВИЧ К. А.
ИЗМАЙЛОВ А. Э.
КАБАЛЕВСКИЙ Д. Б.
КЕДРОВ Б. М.
КИМ М. П.
КУЗИН Н. П.
КУЗОВНИКОВ А. М.
ЛЕОНТЬЕВ А. Н.
ЛУРИЯ А. Р.
МИХАЛКОВ С. В.
НЕЧКИНА М. В.
ПАНАЧИН Ф. Г.
ПЕТРЯНОВ И. В.
РАЗУМНЫЙ В. А.
СОЛОВЬЕВ А. И.
ТИМОФЕЕВ Л. И.
ТИХВИНСКИЙ С. Л.
ТЯЖЕЛЬНИКОВ Е. М.
ХАЧАТУРОВ Т. С.
ЦАГОЛОВ Н. А.
ЦАРЕВ М. И.
ЧЕПЕЛЕВ В. И.

Заместитель
главного редактора
КУЗНЕЦОВ А. М.

Издательство
«Педагогика»
Москва
1974

Техника и производство

Научные редакторы тома:
ХАЧАТУРОВ Т. С.
ЗУБКОВ Б. В.

Scan - AAW; Processing,ocr, djvu - waleriy,2017

03 : 8ю
Д38

Д 70 800—12
005(01) — 74 подписное издание

Издательство
© «Педагогика», 1974 г.

Учитесь, думайте, трудитесь, дерзайте!

Дорогие друзья, юные любители техники, читатели Детской энциклопедии!

Вы получили книгу, которая познакомит вас, может быть, впервые с вашей будущей профессией. Вы узнаете, как работают энергетики, машиностроители, механики, токари, бетонщики... Но прежде чем вы начнете читать, мне хочется сказать вам несколько напутственных слов. В жизни я видел много такого, чего вы не увидите никогда. Может быть, вам трудно будет понять меня. Но все-таки постарайтесь понять и запомнить мои слова.

Вы знаете, какой великолепный город наша столица Москва. Проспекты, огромные здания, каменные набережные, высокие мосты, потоки автомашин, красивейшее в мире метро. Но я помню Москву с маковками церквушек, помню цоканье лошадиных подков на тряском булыжнике, лотки с зеленью в Охотном ряду. Мои современники, товарищи, сверстники превратили купеческую Москву в социалистическую. Вы видите результат, а я вспоминаю труд инженеров, каменщиков, землекопов...

Ведь я жил еще в дореволюционной, отсталой России. Я видел бурлаков на Волге, помню крестьян в лаптях, гнувших спину над допотопной сохой, помню унылое брюзжание некоторых интеллигентов: «Куда уж, где уж нам до заграницы! Мы — лапотники, мы — самоварники. Вот в Париже — культура, вот в Берлине — техника!»

И когда в первые суровые годы существования Советской власти был поставлен вопрос: «Что делать в области экономики?» — ответ был найден не сразу. Много раз великий Ленин совещался с инженерами и экономистами. Мы все искали тот решающий рычаг, с помощью которого можно было бы быстро поднять советскую экономику.

Вспоминаю, как 26 декабря 1919 г. Владимир Ильич вызвал меня в Кремль. В этот вечер мы много говорили об электрификации. Я знал, что не было лучшего средства отвлечь Ильича от тяжелых забот, как рассказать ему о последних завоеваниях науки и техники. А интересовали его, конечно, прежде всего те достижения, которые могли найти приложение у нас в стране.

В то время я управлял подмосковной электростанцией «Электропередача» — первой в нашей стране и даже первой в мире электростанцией на торфе. В те тяжелые годы, когда центральные губернии были отрезаны от нефтяного Баку и угольного Донбасса, когда Ленин должен был лично следить за каждым вагоном топлива, поступающим в Москву, скромная станция «Электропередача» играла важную роль в снабжении нашей столицы Москвы электричеством.

И вот я рассказал Владимиру Ильичу о возможностях использования подмосковного торфа. Торф мог бы стать базой для электрификации. Но чтобы получить достаточное количество торфа, нужно было усовершенствовать технику добычи: не горбом и лопатами, а машинами следовало его добывать.

В тот же день поздно вечером кремлевский курьер доставил мне на квартиру срочный пакет от товарища Ленина.

«Меня очень заинтересовало ваше сообщение о торфе»,— писал Владимир Ильич. И затем он просил поскорее составить для печати статью о торфе, его запасах и значении для электрификации. Предлагался даже план статьи. Поручение Ленина было выполнено. Статья появилась в «Правде».

Вскоре по просьбе Ильича я написал и другую статью — об электрификации промышленности — и послал ему на просмотр. В этой статье доказывалось, что подъем промышленности тесно связан с электрификацией. С увлечением я нарисовал будущее электрификации молодой Советской республики. На другой день Ленин прислал мне такое письмо.

«Гл. М.! (Глеб Максимилианович.— *Ред.*) Статью получил и прочел. Великолепно. Нужен ряд таких...»

Далее в письме Владимир Ильич указал, что нужно дополнить статью предложениями о плане электрификации России:

«Примерно: в 10 (5?) лет построим 20—30 (30—50?) станций, чтобы всю страну усеять центрами на 400 (или 200, если не осилим больше) верст радиуса; на торфе, на воде, на сланце, на угле, на нефти... Через 10 (20?) лет сделаем Россию «электрической»... Надо увлечь *массу* рабочих и сознательных крестьян *великой* программой на 10—20 лет

Позвоните мне, пожалуйста, по телефону, получив это письмо, и мы поговорим».

Это замечательное письмо послужило основой для технической разработки Государственного плана электрификации России — ГОЭЛРО. От него ведет свою историю электрификация нашей страны.

Вспоминаю, как накануне VIII Всероссийского съезда Советов, на котором впервые был оглашен план ГОЭЛРО, я выступал в Колонном зале Дома Союзов с предварительным докладом о плане электрификации.

Мраморный зал с роскошными люстрами был не топлен. Я стоял на трибуне в пальто, видел перед собой истощенных голодом людей. Сколько раздраженных, сколько враждебных выкриков слышал я по своему адресу:

«Страна погибает от голода и тифа! На улицах Москвы дохлые лошади! А тут инженер-практик рассуждает о гигантских стройках, о миллиардных вло-

жениях, об электрической стране будущего! Как барон Мюнхгаузен, сам себя собирается вытащить из болота за волосы!»

И все же, несмотря ни на что, несмотря на интервенцию, гражданскую войну, блокаду, мы ленинский план осуществили.

...Громадный путь прошла советская энергетика от подмосковных торфяных болот до сверхмощных тепловых турбин, до порогов Ангары, до атомных электростанций. И все это произошло на моей памяти, все сделано руками моих современников, товарищей, знакомых. Многих я знал лично, помню их трудности, сомнения, неудачи, находки...

Интереснейшую жизнь прожил я, но ваша будет еще интереснее. При вас будет создана Единая энергетическая система. Она свяжет все электростанции страны в один узел, будет распределять потоки электричества по всей Европейской России, а затем Сибири и Средней Азии, позволит охватить централизованным энергоснабжением все города, промышленные и сельские районы нашей страны. При вас будут включены в сеть новые источники энергии — Солнце, подземное тепло, при вас вступят в строй многочисленные атомные станции. Вы будете изучать и осваивать Луну, Марс, Венеру и другие планеты, уничтожите болезни, продлите жизнь вдвое, втрое... Даже трудно представить себе блистательные перспективы жизни, науки и техники в ближайшие полвека, трудно представить то, что вы сделаете своими руками. Ваши горизонты шире, но это потому, что мы — ваши прадеды, деды и отцы — расчистили дорогу для вас, прошли самый трудный и опасный участок пути.

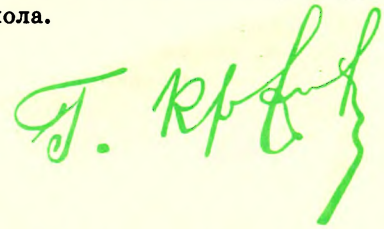
Глубоко ошибаются те пустоцветы, которые уповают на счастливый случай, вместо того чтобы работать по плану. Успех всегда пропорционален затраченному труду. Поистине справедливы слова, что гений — это на один процент вдохновение и на 99 процентов — труд и терпение.

Глубоко ошибаются и те белоручки, которые чуждаются физического труда, думают, что вся работа в будущем сведется к нажиманию кнопок. Ведь, прежде чем нажимать кнопки, прежде чем управлять машиной, нужно задумать ее, сконструировать, изготовить детали, собрать и отрегулировать, проверить и тогда уже пустить в ход. Вы будете бетонировать, сваривать, пилить, сверлить, шлифовать, чертить, рассчитывать. Вам изрядно придется поработать и руками и головой в своей жизни. Готовьте себя к сложному, многообразному труду. Учитесь, чтобы трудиться как следует, читайте книги, посвященные науке и технике! Будьте трудолюбивы, требовательны к себе и скромны...

Мне выпало в жизни великое счастье в течение тридцати лет встречаться с самым трудолюбивым, требовательным и скромным из великих людей, с величайшим гением человечества — Владимиром Ильичем Лениным. Образ его незабываем! Небольшого общения с Лениным было достаточно, чтобы почувствовать его особую бодрящую силу, энергию борца, страстного, находчивого и много знающего. Ильич был преисполнен самоотверженной любви ко всем «страждущим и обремененным». И особенно отличался он исключительной простотой.

Костюм Ленина всегда был прост, обычен и опрятен. Фразерства он не выносил, высоко ценил меткое, простое, всем понятное слово. В самые ответственные моменты своей жизни он всегда был самим собой. Необыкновенный трудолюбец, Владимир Ильич обладал необычайной способностью к неустанной и непрестанной работе над собой, умением организовать свой рабочий день и часы досуга.

Вся жизнь Ленина, все черты его служат замечательным примером для подражания. Я не говорю вам: «Будьте, как Ленин!» Такие, как Ленин, рождаются один раз в эпоху. Но старайтесь подражать ему, будьте достойны звания пионера-ленинца и члена Ленинского комсомола.



Техника и экономика сегодня

Научно-техническая революция и наши задачи

Мы все привыкли к тому, что живем в условиях совершающейся научно-технической революции, когда наука и техника глубоко проникают во все области деятельности человека. В особенности естественным, само собой разумеющимся кажется все это вам, наши дорогие читатели, потому что вы родились уже в эпоху бурного научно-технического прогресса.

Но попробуем взглянуть на современный мир в более крупном масштабе времени — и сразу станет очевидно, как интенсивно под влиянием научно-технических достижений изменяются условия жизни человека, создается как бы новая среда его обитания. Мы имеем в виду влияние научно-технического прогресса и на все технические способы и приемы, неизмеримо увеличивающие возможности людей проникать в тайны природы, в миры, недоступные ранее, и на общение людей друг с другом, и на их жизненный уровень. Мы, граждане социалистической страны, используем завоевания науки и техники для развития производства, чтобы с каждым годом жить лучше, становиться более культурными и образованными, более отзывчивыми и дружными людьми. Мы не останавливаемся на достигнутом — мы строим коммунистическое общество, где будет изобилие всего, что нужно человеку, и отношения между людьми станут в еще большей мере отношениями товарищества и взаимопомощи, когда общие интересы всех сольются с интересами каждого в отдельности.

Наука и техника необычайно увеличивают возможности человека, повышают его власть над природой, создают все для того, чтобы люди могли достичь изобилия, построить коммунистическое общество.

Благодаря технике человек может сегодня погружаться на дно океана, где давление в сотни раз больше атмосферного, перемещаться и работать на других планетах в условиях космического холода и полного отсутствия атмосферы. Исследуя элементарные частицы, он проникает в мир событий, разыгрывающихся в масштабах 10^{-15} см и происходящих за ничтожно короткое время — порядка 10^{-20} с. А регистрируя радио- и гаммаизлучения, световое, рентгеновское и нейтринное излучения далеких звезд и галактик, человек может быть «свидетелем» грандиозных космических событий, отдаленных от нас на миллионы световых лет и сопровождающихся выделением гигантских количеств энергии.

Телевизионная, телеметрическая и другая техника помогает человеку изучать строение поверхности Луны, Венеры и Марса, а оптические, электронные и ионные микроскопы — строение мельчайших элементов живой клетки, отдельных молекул и даже поведение отдельных атомов.

Современные средства передвижения и связи сделали нашу планету как бы меньше и теснее. Почти мгновенно мы можем узнавать о событиях, происходящих в самой отдаленной точке земного шара, переноситься за считанные часы с одного континента на другой. Мы смотрим по телевизору в Москве спортивные соревнования, происходящие в Мадриде или в Токио; управляем из Москвы движением лунохода на Луне.

При этом заметьте: величайшие достижения и в науке, и в технике получены за последние десятилетия, в срок, ничтожно малый по сравнению с человеческой историей; по сравнению с относительно постепенным прогрессом техники в прошлом это выглядит как взрыв.

Еще в конце прошлого и начале нашего века проходили многие годы, прежде чем открытие ученого внедрялось в технику или промышленность. Производство развивалось путем накопления практических сведений, использования индивидуальных навыков, опыта и изобретательности многих поколений практиков. Именно в процессе такого поиска было создано большинство машин, механизмов, материалов и методов производства, используемых и сегодня, особенно в традиционных отраслях техники и промышленности.

Нельзя, конечно, утверждать, что в прошлом наука не влияла на технический прогресс. Сколько, к примеру, творческих сил и времени сэкономило изобретателям открытие закона сохранения энергии, отвергающего принципиальную возможность создать вечный двигатель. Однако сегодня высокий уровень знаний, владение основными понятиями и методами современной науки — неизбежное условие технического творчества. Теперь талант изобретателя и конструктора может проявиться лишь в том случае, если он владеет глубокими знаниями и в той области, где он творит, и во многих смежных с ней направлениях.

Замечательная особенность современного этапа технического прогресса и в том, что достижения техники, в свою очередь, необычайно ускоряют темп и расширяют возможности научных исследований. Только при высоком уровне техники можно было создать такие сложные средства исследования, как ускорители заряженных частиц, оптические и радиотелескопы, электронные микроскопы, мощные ЭВМ. Особое место среди важнейших направлений научно-технического прогресса занимают космические исследования, соединяющие в себе последние достижения науки, техники и производства. Помимо эпохального значения этих исследований, осуществивших многовековую мечту человечества преодолеть силу тяготения, приковывающую человека к Земле, они вносят огромный вклад в развитие многих других отраслей науки и техники.

Только благодаря космическим исследованиям появилось глобальное телевидение; метеорологи получили средства непосредственного наблюдения за движениями в атмосфере в масштабе всего земного шара; геологи — новые методы для поисков месторождений полезных ископаемых; открылись совершенно новые возможности в навигации.

Таким образом возникает своеобразная положительная обратная связь: новая техника способствует еще более глубокому проникновению науки в тайны природы, а это, в свою очередь, порождает новые, еще более глубокие технические идеи, методы и процессы.

Все ускоряющееся взаимодействие науки и техники, создающее качественно новый этап в развитии производительных сил, носит все черты революционного развития и по праву называется *научно-технической революцией*.

Проблемы научно-технической революции, развития науки и техники и наиболее полного использования их результатов занимают одно из центральных мест в деятельности Коммунистической партии Советского Союза, Советского правительства. В докладе Генерального секретаря ЦК КПСС Л. И. Брежнева на XXIV съезде КПСС сказано, что развитие науки и техники на современном этапе играет решающую роль, что это главный рычаг построения материально-технической базы коммунизма. Надо соединить достижения науки и техники с преимуществами социализма — это обеспечит дальнейшее развитие производства. В докладе сказано, что перераспределение средств между отраслями народного хозяйства, привлечение дополнительной рабочей силы или темпы роста капиталовложений сегодня уже не могут быть главным источником ускоренного развития нашей экономики. «Главное, на что мы должны рассчитывать,— сказал Л. И. Брежнев,— это повышение эффективности производства».

А эффективность производства, высокая производительность труда — это во многом результат использования в производстве новых методов, приемов и орудий труда, материалов — в общем, всех достижений науки и техники. Вот почему дело дальнейшего и скорейшего развития науки и техники — задача общегосударственная, общенародная. И при этом научно-техническая революция, ее темпы определяются уровнем и масштабом достижений во всех областях науки и техники, ибо в том ее характерная особенность.

Быстрый обмен идеями и методами между всеми научно-техническими направлениями приводит к тому, что крупные открытия воздействуют одновременно на многие стороны человеческой деятельности и самые различные отрасли техники. Это хорошо можно видеть на примере энергетики.

Энергетика, которая извлекает из природных источников энергию в форме, полезной людям, преобразует ее и передает на расстояние,— одно из наиболее важных направлений научно-технического прогресса. Строго говоря, будущее человечества зависит от того, сможет ли оно обеспечить себя достаточным количеством энергии. Ведь энергия — это и новые источники пищи, и новые возможности добычи полезных ископаемых, охраны окружающей природной среды, и, может быть, даже регулирование климата. Получение новых и новых количеств энергии имеет большое значение и для дальнейшего развития производства в нашей стране, для успешного строительства коммунизма.

Хотя подавляющую часть энергии дают еще тепловые и гидравлические электростанции, все более ощутимую ее долю начинает доставлять ядерная энергетика. Ядерная энергетика — яркий пример поистине революционного переворота в важной области человеческой практики, вызванного достижениями науки, и в частности физики атомного ядра.

В принципе замена энергии, ограниченно запасенной в земной коре в различных видах органического топлива, уже найдена.

Когда будет решена главная задача ядерной энергетики — стать экономически не менее выгодной, чем тепловая и гидроэнергетика, энергия атомных ядер на долгие годы обеспечит человечество энергетическими ресурсами. Она существенно повысит уровень электрификации технологических процессов, решит важнейшую проблему промышленного получения опресненной воды, откроет новые возможности в металлургии и многих других жизненно важных для человечества областях техники и производства.

Осуществление управляемой термоядерной реакции обещает еще более благоприятные перспективы в решении энергетической проблемы. Топливом для будущих термоядерных реакторов будут служить изотопы широко распространенного в природе элемента — водорода, и уже одно это оправдает усилия ученых, направленные на решение труднейшей задачи современной науки.

Огромные резервы энергетики кроются в уменьшении больших потерь при преобразовании и передаче энергии. Использование плазмы для прямого преобразования тепла в электричество, применение сверхпроводников резко снизят эти потери.

В условиях все более широкого развития машин, механизмов, систем, повышения скоростей, температур, нагрузок решающее значение приобретают автоматизация и кибернетизация всех производственных процессов и управления народным хозяйством. Автоматизация будет освобождать человека коммунистического общества от однообразного ручного труда, позволит ему все бóльшую часть времени уделять труду умственному.

Современное развитие производительных сил привело к созданию сложных систем с большим числом взаимосвязанных машин и механизмов, в которых используются сверхвысокие и сверхнизкие давления, большие мощности, скорости, нагрузки. Это поставило перед человечеством новые технические задачи автоматизации управления процессами производства. Проблема управления в наши дни — одна из важнейших. Современные энергосистемы, атомные установки, космические корабли, сложные химические процессы требуют от людей, с одной стороны, колоссального объема вычислений, с другой — мгновенного анализа большого количества условий и выбора наиболее целесообразного решения.

Однако возможности человека в этом отношении ограниченны, быстроты его реакции часто оказывается недостаточно для управления сложнейшей современной техникой и производством, человек просто не успевает следить за им же самим созданными машинами!

Разрешить эту трудность может только автоматизация процессов управления, совершенные управляющие устройства. Такого рода управляющие машины — качественно новые технические средства. Они позволяют автоматизировать сложнейшие функции управления производственными процессами, транспортом, связью, торговлей и другими сферами деятельности человека. Объектами управления могут быть станки, цехи, автоматические линии, заводы и даже группы предприятий, целые отрасли народного хозяйства.

Но помимо того что автоматика и системы управления — один из важнейших движущих рычагов научно-технической революции, это еще и увлекательнейшая сфера технического творчества, применения талантов конструкторов и изобретателей. И одновременно автоматика и системы управления — это область весьма сложных исследований в математике и механике, физике и электронике.

Достижения математики и создание сложных электронных систем привели к возникновению новой области знаний — кибернетики, изучающей законы передачи информации в самых различных си-

стемах — технических, живых организмах и обществе. А на основе кибернетики создаются все более совершенные системы управления.

Коренные изменения в решении задач управления в технике и обществе внесло создание электронной вычислительной техники. Это ознаменовало наступление нового этапа научно-технического прогресса. Достаточно сказать, что ни один современный сложный эксперимент или расчет в физике, механике, химии или биологии уже не может быть успешно решен без помощи электронных вычислительных машин (ЭВМ). Все более широко распространяются ЭВМ в системах поиска информации, в связи, на транспорте, в конструкторской работе и управлении предприятиями, в планировании и управлении экономикой и во многих других областях. Дальнейшее усовершенствование ЭВМ (повышение их быстродействия, увеличение «памяти», уменьшение веса и габаритов), которое непрерывно происходит благодаря новым достижениям науки, позволит переложить на них значительную долю нетворческого умственного труда и освободить мозг человека для более высоких мыслительных функций.

Обширнейшая область современной техники — электроника, использующая законы движения электронов в электромагнитных полях, позволяет создавать все новые, более экономичные, мощные и малогабаритные устройства для генерирования, усиления и преобразования сигналов. Достижения электроники влекут за собой бурный прогресс в таких областях, как связь, навигация, приборостроение, позволяют более широко использовать средства автоматизации и вычислительной техники, делая их надежнее, легче, дешевле.

Особенно большое влияние на многие области науки и техники оказала квантовая электроника, создание квантовых генераторов и усилителей, так называемых лазеров и мазеров в диапазонах длин волн, соответствующих видимому свету, инфракрасным и даже ультрафиолетовым лучам. По одному лазерному лучу могут быть одновременно переданы, например, миллионы телевизионных передач. Это открывает широкие перспективы в технике связи, и в особенности космической. Весьма перспективна лазерная локация. Квантовые генераторы обещают новый качественный скачок и в вычислительной технике. Они увеличат быстродействие ЭВМ, их «память», и при этом сделают их меньше и легче.

Лазеры обеспечили возникновение такой новой области техники, как голография. С ее помощью впервые удалось воссоздать в пространстве объемные изображения предметов, правда пока неподвижных. Возможно, в будущем ученым на основе голографии удастся создать и полностью объемные кино и телевидение.

По-видимому, в ближайшие годы можно ожидать радикальных изменений и в автомобилестроении, рельсовом и другом транспорте. В ряде стран уже сделаны первые удачные конструкции электромобилей, поездов с линейным электромагнитным двигателем и магнитной подвеской, созданы движущиеся тротуары, устройства для автоматизированного управления общественным транспортом с помощью ЭВМ.

Особенно интенсивно вбирает в себя все последние достижения техники авиация. Современные самолеты летают уже в стратосфере, достигают скоростей, превышающих скорость звука. В предстоящие годы можно ожидать появления космического транспорта, который сделает по крайней мере «ближний» космос с его спутниками и орбитальными станциями гораздо доступнее для специалистов и ученых.

Обширные области новой техники возникают в наше время и в связи с развитием химии, биологии и медицины. Получение и обработка новых полимерных веществ с необычайными свойствами, синтетическая пища, методы пересадки живых тканей, создание искусственных органов человека и другие увлекательные сферы научно-технического прогресса обещают значительные изменения в жизни человечества.

Достижения науки и техники, все более увеличивающие власть человека над природой, оказывают глубокое влияние и на поведение, и на личность самого человека, а также на процессы, происходящие в обществе. Ко многим острым социальным проблемам современного мира, обусловленным существованием капитализма, добавляются еще и проблемы, связанные с влиянием технического прогресса на общественные процессы.

Современная техника глубоко социальна по своему назначению, и творчество современного специалиста только тогда может быть плодотворно, когда он отдает себе отчет в общественном значении своей деятельности. А для этого помимо научных и технических знаний для каждого ученого и техника необходимы знания основных законов развития общества, знания социальные и экономические.

Люди хотят жить в условиях самого передового, справедливого социального строя. Народы социалистических стран уже добились этого. Их задача теперь — построить коммунизм, и они ставят на службу этой цели достижения науки и техники и их дальнейшее развитие. Но пока еще большинство людей на Земле живут в капиталистических странах и в странах так называемого «третьего мира» — в стра-

нах развивающихся, недавно освободившихся от колониального угнетения и зависимости. Научно-техническая революция, происходящая и в капиталистических странах, и в странах «третьего мира», оказывает огромное влияние на развитие производительных сил, создает условия и в этих странах для глубоких социальных перемен.

Дорогие ребята, конечно, в такой короткой статье нельзя рассказать о всех грандиозных достижениях в различных областях науки и техники, тем более что вы можете прочесть об этом в соответствующих томах вашей энциклопедии. Том, который вы держите сейчас в руках, расскажет вам о последних достижениях в области автоматизации и электроники, энергетики и космической техники, машиностроения и техники транспорта, электрической и почтовой связи, медицинской техники и техники кино, техники быта... Всего не перечислишь — техника проникла сегодня во все сферы человеческой жизни, и без нее дороги в будущее нет.

Но мне хотелось бы, чтобы, прочитав эту и другие статьи тома, вы, будущие строители нового мира, поняли главное — каждый шаг по пути научно-технической революции, дальнейшего развития науки и техники и наилучшего использования их достижений — это шаг на пути к созданию материально-технической базы коммунизма, это шаг к коммунизму.

Техника и экономика

Несколько слов об экономике

Слово «*экономика*» греческого происхождения, оно означает «наука о хозяйстве», о том, как его вести («ойкос» по-гречески — домохозяйство, а «номос» — закон). Вначале имелось в виду хозяйство семьи, домохозяйство, а затем все более крупные хозяйственные единицы. В настоящее время мы говорим об экономике промышленного предприятия, совхоза, колхоза; экономике области, республики, края; экономике промышленности, сельского хозяйства; экономике страны и наконец мировой социалистической или капиталистической системы. Экономика социалистических и капиталистических стран резко друг от друга отличаются. Имеет свои особенности и экономика «третьего мира».

Правильно вести социалистическое хозяйство — и малое, и большое — значит вести его бережливо, средства тратить расчетливо, а разнообразной продукции для удовлетворения потребностей людей получать возможно больше. Но было бы неправильно понимать бережливость так, что надо вообще всячески сокращать затраты. Часто именно затраты на новый, лучший материал, более совершенную машину могут быть целесообразны и необходимы, могут принести больше продукции, много прибыли. Если же в ложном стремлении урезать все расходы отказаться от нужных затрат, то можно прироста продукции и прибыли вовсе не получить. Значит, дело не в том, чтобы как можно меньше тратить вообще, не допускать никакого увеличения затрат, а в том, чтобы соразмерять затраты и результаты, при возможно меньших затратах достигать наибольших результатов.

При этом очень важно, ради чего эти наибольшие результаты достигаются. При капитализме, когда фабрики, заводы, земли, дома, железные дороги и другие средства производства принадлежат частным собственникам — капиталистам, а рабочие ими наняты и на них работают, результаты производства, прибыль, идут капиталистам и расходуются по их усмотрению. Капиталисты эксплуатируют рабочих, на этом строится капиталистическое хозяйство.

Иное в социалистических странах, где средства производства принадлежат всему народу, и рабочие, крестьяне, служащие трудятся на себя, на весь народ. Здесь результаты производства достигаются в интересах всего общества. В Программе Коммунистической партии записано: «Достижение в интересах всего общества наибольших результатов при наименьших затратах — таков непреложный закон хозяйственного строительства». Трудящиеся стран социализма знают, что результаты общественного производства — достояние всего общества и расходуются они на общую пользу и на пользу каждого, на улучшение жизненных условий людей, на развитие науки, культуры, образования, здравоохранения, а также на дальнейшее развитие социалистической экономики: на постройку фабрик и заводов, дорог и домов, шахт и рудников. Каждый гражданин нашей страны поэтому заинтересован в

развитии производства, в улучшении работы и своей и своих товарищей, в правильном ведении хозяйства. Все это — огромное преимущество социализма.

Итак, социализм — это такой общественный строй, где средства производства находятся во владении всего общества и развитие производства происходит в интересах всего общества. Социалистическим странам принадлежит важное место в экономике современного мира. В настоящее время на них приходится почти $^2/_5$ мирового промышленного производства. Свыше $^1/_2$ его падает на капиталистические страны, а остальное — на развивающиеся страны.

Территория социалистических стран составляет 26% территории мира, в них проживает $^1/_3$ всего человечества.

Одна из особенностей взаимоотношений социалистических стран — их дружба, взаимопомощь и сотрудничество. Социалистические страны — Болгария, Венгрия, Германская Демократическая Республика, Куба, Монголия, Польша, Румыния, Советский Союз и Чехословакия — члены Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ). Страны — члены СЭВ согласовывают друг с другом свои планы развития народного хозяйства, развивают взаимные экономические связи, чтобы объединенными усилиями добиваться больших результатов в экономическом строительстве.

Цель социализма — наибольшее удовлетворение материальных и культурных потребностей народа. Для достижения этой цели надо производить больше продукции, нужной народу. Поэтому очень важно установить надежные пути ускорения развития и совершенствования социалистического производства — промышленности, сельского хозяйства, транспорта, строительства, связи и других отраслей народного хозяйства.

Чтобы успешно развивать производство, необходимо правильно его планировать, научно управлять его развитием. Надо решать, какие виды продукции производить, в каком количестве и каком соотношении; сколько надо рабочей силы, материалов, машин и других орудий труда; где размещать производство; по каким ценам продавать продукцию. Ответы на все эти вопросы дают экономические расчеты. На основе экономических законов в СССР и в других социалистических странах разрабатываются пятилетние и годовые народнохозяйственные планы. Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. были установлены XXIV съездом Коммунистической партии Советского Союза. В исполнение принятых съездом Директив Госплан СССР составил план развития народного хозяйства на это пятилетие. Пятилетний план принят Сессией Верховного Совета СССР. А первый пятилетний план был составлен более 45 лет назад, на 1928—1932 гг. Плановые и научные органы страны разрабатывают долгосрочный народнохозяйственный план до 1990 г.

При определении перспектив развития народного хозяйства на пятилетие и на каждый год Коммунистическая партия и Советское правительство руководствуются экономическими законами социализма, достигнутым уровнем экономического развития, задачами коммунистического строительства в данное время. Чтобы добиться лучших результатов, надо полнее использовать природные богатства страны; больше получать продукции с фабрик, колхозов и совхозов; правильно организовать труд десятков миллионов людей и оплату их труда; пропорционально развивать все народное хозяйство. Для достижения этих целей большое значение имеет применяемая в СССР с 1965 г. новая система планирования и экономического стимулирования. На XXIV съезде партии были указаны пути дальнейшего совершенствования планирования с широким использованием электронных вычислительных машин и автоматизированных систем управления экономикой. Во всех отраслях экономики внедряется полный хозяйственный расчет; усиливается заинтересованность каждого предприятия, каждого работника в разумном ведении хозяйства, в росте производства и прибыли, за счет которой на производственных предприятиях образуются поощрительные фонды. Чем лучше ведется хозяйство предприятия, чем лучше используются труд его работников и материальные ресурсы, производственные фонды, основные и оборотные, тем выше прибыль. Отношение прибыли к производственным фондам, находящимся в распоряжении предприятия,— это показатель его рентабельности. Таким образом, о качестве работы предприятия можно судить по экономическим расчетам, сопоставлению затрат и результатов. Такое сопоставление приобретает все большее значение в ведении хозяйства.

Экономическая наука, которая исследует экономические законы, лежащие в основе взаимоотношений людей в процессе производства (производственных отношений), называется *политической экономией*. Экономические законы действуют и в отдельных отраслях народного хозяйства. Этим занимаются отраслевые экономические науки — экономика промышленности, экономика сельского хозяйства, экономика транспорта и др. Современное хозяйство страны, отрасли, предприятия очень сложно. Чтобы хорошо хозяйствовать, надо знать экономику,

изучать ее. И это задача не только руководителей, но и каждого рабочего, земледельца, служащего, каждого инженера и техника. Зная экономику на своем участке работы, каждый трудящийся может достичь лучших экономических результатов, поднять производство продукции, увеличить накопление, т. е. способствовать решению общих задач развития производства, а тем самым строительству коммунизма.

Экономика и технический прогресс

Громадное значение экономики в том, что она устанавливает наиболее выгодные пути развития техники и ее применения, помогает правильно и наиболее эффективно организовать работу на предприятиях.

Достижения науки и техники при социализме направлены на то, чтобы все больше увеличивать и удешевлять производство продукции и тем самым увеличивать размеры ее потребления, повышать уровень благосостояния людей, улучшать условия их жизни.

Научные открытия прокладывают дорогу новым достижениям в области техники, а экономика показывает, каков хозяйственный эффект от их внедрения, какие из них позволяют получать наибольшие результаты при наименьших затратах. Создание новой техники, новых орудий труда и их производство требуют от общества все более крупных затрат. Но и эффект от этой новой техники получается все большим — и он растет быстрее, чем затраты.

В этом можно убедиться, если проследить историю развития техники.

На ранних ее стадиях применявшиеся орудия труда были просты — заступ, топор, молот, горн, веретено, рычаг, ворот, колесо. Изготовить их было несложно, это не требовало больших затрат. Поэтому и доля труда, которую люди затрачивали на изготовление этих орудий, была невелика. Но простые орудия давали невысокую производительность труда. Она зависела главным образом от умения, от искусства работника.

Простые орудия труда сотнями лет не изменялись, человек применял в производстве собственную физическую силу, а иногда и силу прирученных животных — лошадей, быков, в Индии — слонов и др. Но настало время, когда человек научился использовать силы природы для приведения в действие орудий производства. Появились паруса, ветряные мельницы, водяные колеса, наконец, паровая машина. По мере того как орудия труда становились все более сложными, возрастал и труд, который люди затрачивали на их изготовление. И все же людям эти большие затраты были выгодны — новые орудия в громадной степени подняли производительность труда, увеличили количество производимой продукции и удешевили ее. Техника стала развиваться все быстрее. Особенно ускорилось ее развитие в последние десятилетия. Крупные открытия в области энергетики, радиоэлектроники, органической химии, биологии следовали одно за другим, влияли одно на другое. Во всем мире развернулась научно-техническая революция.

Особенно благоприятные условия для прогресса техники создались при социалистической экономике. Достижения научно-технической революции сочетаются с преимуществами социалистического строя. Коммунистическая партия поставила задачу так расширить производство, чтобы можно было всемерно удовлетворить неуклонно растущие потребности трудящихся. Но для расширения производства нужны новые машины и станки, новые материалы и топливо, новые кадры. Поэтому наши хозяйственные планы предусматривают реконструкцию и расширение существующих и постройку новых заводов, фабрик, электростанций, шахт, нефтепромыслов и рудников, совхозов и колхозов, железных дорог и портов, школ и институтов, жилых и общественных зданий. Все большее значение приобретает лучшее использование имеющихся ресурсов — сырья, топлива, энергии, машин и оборудования, рабочей силы. Надо всемерно повышать производительность труда, эффективность производства. Все это направлено на повышение уровня жизни и культуры всего народа.

Необходимые для строительства затраты — капитальные вложения — очень велики и с каждой пятилеткой становятся все больше. Их надо использовать экономно, соизмеряя затраты и результаты с таким расчетом, чтобы на имеющиеся у народа средства построить возможно больше, быстрее и лучше нужных объектов и чтобы получить от построенного максимально полезную отдачу. При этом следует полностью использовать достижения современной науки и техники, скорее вводить новые, наиболее современные машины, станки и другое оборудование, самые современные технологические процессы. Но новая техника только тогда хороша, когда приносимый ею эффект в короткий срок окупает затраченные средства. А чтобы правильно сосчитать, каких затрат потребует новая техника и какой эффект она даст, надо обратиться к экономике.

Возьмем, к примеру, технику, применяемую в строительстве.

Экскаватор и землекоп

В строительстве, на земляных работах, при добыче полезных ископаемых широко применяется известная всем землеройная машина — экскаватор. Небольшой одноковшовый экскаватор на гусеничном ходу с вместимостью ковша 0,25 м^3 стоит около 7 тыс. руб. Нужны ли такие затраты? Может быть, поручить его «работу» землекопам, ведь обычная лопата, заступ — очень дешевый инструмент? Но подсчитаем, насколько выгоднее использовать труд нашего экскаватора, чем труд землекопов.

Сначала определим, из чего складывается стоимость работы машины. Около 30% расходов в сутки составляет *заработная плата* машиниста экскаватора, вместе с остальными выплатами на его содержание (оплатой отпуска, взноса в фонд социального страхования, оплатой спецодежды и т. д.). Около 10% расходов падает на оплату *горючего* для двигателей и *смазочных* материалов, часть расходов — на различные виды *текущего ремонта*.

И наконец, надо учесть расходы на *амортизацию*, ведь экскаватор изнашивается. Срок его службы составляет, скажем, 8 лет. Значит, каждый год нужно отчислять на амортизацию 12,5% (1 : 8 = 0,125, или 12,5%) его стоимости — в данном случае 875 руб. (7000 : 0,125 = 875), чтобы к тому времени, когда он полностью износится и выйдет из строя, накопилось бы достаточно средств для приобретения нового экскаватора. Разделив годовые отчисления на число смен в году, скажем на 300, получим около 3 руб. (точнее, 2 руб. 92 коп.) расходов на амортизацию, приходящуюся на одну смену. А весь расход за одну смену работы машины составляет 17 руб.

Сколько же грунта выроет наш экскаватор за одну смену? В среднем около 80 м^3. Значит, стоимость 1 м^3 вынутого грунта составит 17 : 80 = 0,2125 руб., т. е. немногим более 21 коп.

Теперь посмотрим, сколько будет стоить работа землекопов. Землекопу нужно заплатить примерно 50 коп. за 1 м^3 грунта — в 2,38 раза дороже, чем при работе экскаватора с вместимостью ковша 0,25 м^3. Если наш экскаватор будет правильно использоваться, то в течение года он выработает 24 тыс. м^3 земли — это будет стоить 5090 руб. Землекопам за такую же работу надо выплатить 12 тыс. руб.— на 6910 руб. больше. Эти 6910 руб. отражают текущий *годовой экономический эффект*, который дает экскаватор в сравнении с ручным трудом.

Следует учесть и то, что даже малый экскаватор заменяет большое количество землекопов. Землекоп за 7 ч работы выкопает 7 м^3 земли. Это значит, что экскаватор делает за смену столько, сколько не менее 11 землекопов! А для выполнения большого объема земляных работ нужно так много землекопов, что их было бы просто невозможно найти.

Себестоимость и мощность

Интересно отметить, что чем мощнее экскаватор, тем меньше себестоимость вынутого грунта. Так, при работе экскаватора с ковшом вместимостью 0,25 м^3 себестоимость 1 м^3 вынутого грунта составляет, как мы уже сказали, 21 коп.; экскаватора с ковшом вместимостью 1 м^3 — всего 11 коп.

В чем тут дело? При вместимости ковша в 1 м^3 можно вынуть за смену в 4 с лишним раза больше грунта, чем при вместимости ковша в 0,25 м^3. А стоит такой экскаватор не в 4, а в 2,5 раза дороже, и все текущие расходы только в 2—2,5 раза больше. Вот почему себестоимость 1 м^3 вынутого грунта у более мощного экскаватора почти вдвое ниже.

Значит ли это, что всегда следует применять более мощный экскаватор? Разумеется, нет. При малом объеме работ выгоднее малый экскаватор, и лишь при достаточно большом объеме целесообразнее применить более мощный.

Все приведенные выше расчеты правильны лишь при условии, если экскаваторы правильно используются, работают примерно 300 смен в году и за одну смену выбирают столько грунта, сколько им положено по норме (в одном случае — 80 м^3, в другом — 320 м^3). Если же экскаватор будет работать с неполной нагрузкой, простаивать или забирать неполный ковш земли, его выработка снизится и 1 м^3 грунта обойдется значительно дороже. В этом случае *постоянные расходы*, вызываемые работой экскаватора, например на перевозку его, доставку к месту работ, распределятся на меньший объем вынутого грунта.

Поясним, что такое постоянные расходы, на другом примере. Среди различных затрат на печатание книги есть расход на набор (см. ст. «Как печатают книги»). Будем ли мы печатать 10 тыс. экземпляров или 1 тыс.— на набор книги надо затратить одну и ту же сумму. Значит, это расход постоянный. И очень важно, чтобы его можно было разложить на максимально большое количество экземпляров книг. Если набор стоит, скажем, 1500 руб., то при тираже

10 тыс. экземпляров на каждый из них придется 15 коп. расхода на набор, а при тираже 1 тыс. экземпляров — 1 руб. 50 коп. Для сравнения укажем, что расход на бумагу *непостоянный*. Он прямо пропорционален тиражу — на 10 тыс. экземпляров надо израсходовать в 10 раз больше бумаги, чем на 1 тыс. Наличие постоянных расходов объясняет, почему при увеличении объема производства себестоимость единицы продукции снижается, почему *массовое производство* дает самую дешевую продукцию.

Перечисленные выше статьи расходов называются *прямыми производственными расходами*. К ним принадлежат все те расходы, которые могут быть отнесены непосредственно к данному виду продукции. Обычно это заработная плата производственных рабочих с начислениями (отпуск, социальное страхование и т. д.), а также расходы на сырье, топливо и энергию, на производственные нужды. Другой вид затрат — *накладные расходы*. К ним относятся расходы на управленческий и обслуживающий персонал цеха, освещение и отопление цеховых зданий, ремонт и амортизацию зданий и оборудования, складов, лабораторий и т. п.

Доля прямых производственных и накладных расходов в общей сумме расходов в разных отраслях промышленности различается. Так, в черной металлургии, например при производстве стали, основную часть затрат составляют прямые производственные расходы, особенно на сырье и топливо, а доля накладных расходов невелика. В машиностроении доля прямых расходов меньше, а цеховых и общезаводских расходов — значительна.

Выгоды крупного специализированного производства

Из примеров, которые мы разобрали, можно сделать несколько выводов. Прежде всего, любое техническое устройство мы должны оценивать экономически. А для этого надо знать, сколько оно стоит и каких расходов потребует его работа. Далее очень важно, чтобы техническое устройство использовалось полностью, чтобы условия работы соответствовали его возможностям. Поэтому следует подбирать такую технику, которая была бы в данных условиях работы наиболее полно использована.

Кроме того, мы установили, что с *увеличением объема* выпускаемой продукции — будут ли то кубометры вынутой земли, или экземпляры напечатанных книг — *себестоимость каждой единицы этой продукции снижается*. Это говорит о выгодах крупного, массового производства.

Для того чтобы увеличить объем продукции, важно так организовать производство, чтобы каждое предприятие выпускало меньше различных видов продукции, но зато каждый вид — в возможно большем количестве. Сто лет назад на каждом машиностроительном заводе выпускали самые различные виды машин — и паровые двигатели, и станки, и краны. Но по мере развития производства убедились, что выгоднее специализировать заводы на выпуске определенных видов машин или даже отдельных узлов и деталей к ним. Так появились заводы, выпускающие автомобили, тракторы, велосипеды, турбины, электромоторы и т. д. *Специализация производства* выгодна, так как позволяет сосредоточить на одном или нескольких предприятиях выпуск того или иного вида продукции и благодаря этому увеличить объем производства этой продукции и снизить ее себестоимость.

Пути повышения эффективности производства

Повышение эффективности производства в большой мере зависит от *роста производительности труда*, т. е. увеличения количества продукции, приходящейся на одного рабочего в единицу времени. На производительность труда, в свою очередь, влияет ряд факторов. К числу их относится прежде всего технический прогресс. На современном станке рабочий может изготовить большее количество деталей, чем на устаревшем; на более мощной энергетической установке вырабатывается больше электроэнергии, чем на менее мощной, и т. д. Производительность труда зависит также от организации производства, сокращения простоев, бесперебойного снабжения сырьем. Большое значение имеет квалификация рабочих, их знания и опыт. Знающий, опытный рабочий даст больше продукции, чем новичок.

Другой важный путь повышения эффективности производства — *снижение расхода сырья и материалов на единицу продукции*. Сокращение этих затрат тем более важно, что они составляют в промышленности $^3/_4$ всех производственных затрат. Экономия сырья и материалов может быть достигнута путем улучшения конструкции изделия, его облегчения, где это только возможно, применения более прочных материалов, замены одних материалов другими, например металлов — пластмассами, и т. д. Экономия

сырья и материалов особенно важна, так как добыча сырья требует значительных затрат. А при добыче сырья, в свою очередь, необходимо заботиться о полном извлечении его из недр земли и о полном использовании всех полезных компонентов, имеющихся в нем. Например, при переработке медной руды можно использовать отходящие сернистые газы, превращая их в серную кислоту, при производстве кокса можно получать много полезных химических продуктов из его отходов — бензола и т. д.

Наконец, эффективность производства может быть повышена и *путем лучшего использования основных производственных фондов* — зданий, сооружений и оборудования, машин и станков, более полной их загрузки, сокращения простоев и т. д.

Лучшее использование труда рабочих, экономия сырья и материалов, более полная загрузка машин и другого оборудования снижают затраты на единицу выпускаемой продукции.

Экономическое значение качества продукции

Повышать эффективность производства можно не только снижением затрат на выпуск продукции, но и улучшением качества, удлинением сроков службы изделия. Возьмем, например, автомобильные шины. Применение для шин новых видов синтетического каучука и корда из химических волокон позволяет в 1,5—2 раза увеличить пробег каждой шины. И цену шины можно раскладывать уже на большее количество километров или тонн перевезенного груза. Самих шин нужно меньше во столько раз, во сколько увеличится пробег каждой шины. Значит, и капитальных вложений на постройку новых шинных заводов нужно меньше.

Улучшение качества продукции имеет значение и для повышения ее надежности. Например, в самолете, ракете не должны отказывать в работе никакие устройства, и особенно те, которые выполняют ответственные функции,— это может привести к тяжелым последствиям. Экономически повышение надежности тоже выгодно. Чем надежнее устройство, тем меньше расходов на ремонт, а значит, выше экономическая эффективность. С другой стороны, повышение надежности требует увеличения затрат, например, на более высококачественный материал. Значит, надо сопоставить экономию от повышения надежности с приростом затрат и установить, в течение какого срока они окупятся.

Основные направления технического прогресса и их эффективность

Важнейшие направления технического прогресса — электрификация, химизация и автоматизация производства.

Электрическую энергию выгоднее получать с мощных электростанций. Приведем примерный расчет. Постройка тепловой электростанции мощностью 2,4 млн. кВт обойдется в 240 млн. руб., т. е. на 1 кВт установленной мощности приходится 100 руб. удельных капитальных вложений. А постройка тепловой электростанции мощностью 1,2 млн. кВт обойдется в 138 млн. руб., или на 1 кВт установленной мощности — 115 руб. Значит, постройка одной более мощной электростанции в 2,4 млн. кВт будет стоить на 36 млн. руб. дешевле, чем двух электростанций по 1,2 млн. кВт, а удельные капитальные вложения на 1 кВт будут на 15 руб. меньше. Кроме того, на более мощной электростанции себестоимость производства электроэнергии на 7—8% меньше, чем на менее мощной станции. Поэтому строить более мощные электростанции выгоднее. Однако надо учесть, что более мощные электростанции будут отстоять друг от друга на бóльшие расстояния, чем менее мощные. Они вырабатывают много электроэнергии, и им нужно большее число потребителей этой энергии. Поэтому электроэнергию с более мощных станций придется подавать на бóльшие расстояния, чем с менее мощных, а значит, расходы по содержанию линий электропередачи и по подаче энергии будут бóльшими.

Часто приходится сравнивать эффективность гидравлических и тепловых электростанций. При постройке гидравлической станции очень велики затраты на сооружение плотины, не говоря уже об ущербе, наносимом затоплением удобных для сельского хозяйства земель. Но зато текущие расходы на получение электроэнергии незначительны — топливо не расходуется, количество работников небольшое, расходы на текущий ремонт, смазку невелики.

Построить тепловую станцию стоит гораздо дешевле, чем гидростанцию, но зато велики текущие затраты на топливо, воду, удаление шлака, заработную плату большого количества работников.

Предположим, что для постройки гидростанции требуется 800 млн. руб., а для постройки тепловой станции той же мощности — 300 млн. руб., т. е. на 500 млн. руб. меньше. Зато себестоимость электроэнергии гидроэлектрической станции составляет 12 млн. руб. в год, а тепловой — 80 млн. руб. в год,

или на 68 млн. руб. больше. Значит, избытку капитальных вложений в 500 млн. руб. будет ежегодно противостоять экономия в 68 млн. руб., и через $\frac{500 \cdot 10^6}{68 \cdot 10^6} = 7{,}3$ года избыток капитальных вложений полностью окупится экономией. При таких соотношениях, возможно, целесообразно построить гидроэлектростанцию. А если бы она стоила 1 млрд. руб., или на 700 млн. руб. дороже тепловой, а себестоимость электроэнергии на тепловой станции составила бы всего 50 млн. руб., или на 38 млн. руб. больше, чем на гидростанции, то в этом случае срок окупаемости достиг бы $\frac{700 \cdot 10^6}{38 \cdot 10^6} = 18$ с лишним лет и было бы целесообразнее построить тепловую станцию (нормативный срок окупаемости принимается равным 8,3 года).

Такие сопоставления разности капитальных вложений и экономии текущих затрат по вариантам являются типичными расчетами сравнительной эффективности капитальных вложений. На основе подобных расчетов производится выбор наиболее эффективного варианта. В первом случае более выгодным оказался вариант с более крупными капитальными вложениями (гидростанция), во втором случае — вариант с меньшими капитальными вложениями (тепловая станция).

Вот пример экономического расчета из области химизации. С каждым годом увеличивается производство тканей. Значит, ежегодно требуется больше хлопка и шерсти. А для этого нужно больше работников, больше посевной площади, больше скота. Для изготовления синтетического волокна исходными материалами служат нефть и газ. Как показали расчеты, затраты труда на изготовление химического волокна в 3—4 раза меньше, чем на производство такого же количества природного волокна. Отсюда и эффективность быстрого роста производства химического волокна и его потребления.

Интересный экономический расчет можно сделать по эффективности применения минеральных удобрений. Для этого надо сопоставить затраты на приобретение, хранение и применение минеральных удобрений с увеличением дохода сельского хозяйства от повышения урожайности. Расчеты показывают, что затраты на удобрения окупаются в короткий срок приростом сельскохозяйственной продукции. Этим оправдываются и большие затраты на увеличение производства минеральных удобрений, постройку новых заводов и расширение существующих.

Чтобы определить степень эффективности автоматизации производства, нужно сопоставить стоимость автоматов с той экономией текущих затрат, которую они дают. Если автоматы слабо загружены, не полностью используются, их применение невыгодно. И наоборот, при полной загрузке автоматов, когда продукция выпускается в массовом количестве, себестоимость единицы продукции снижается, получается большая экономия текущих затрат и стоимость автоматов окупается в короткий срок. Переходу к массовому производству, при котором автоматизация выгодна, способствует его специализация.

Большое экономическое значение имеет и автоматизация управления производством. Она позволяет в кратчайший срок концентрировать в вычислительном центре все оперативные данные о ходе производства. С помощью электронных вычислительных машин здесь быстро принимают оптимальные решения по всем вопросам производства: распределяют производственные задания, материалы, рабочую силу между всеми подразделениями предприятия, полностью используя его производственную мощность. Автоматизированные системы управления предприятием и целой отраслью требуют крупных затрат, но дают большой экономический эффект.

Все приведенные выше примеры говорят о чрезвычайно большом значении экономических расчетов для развития народного хозяйства, выбора наиболее целесообразных вариантов технических решений, наивыгоднейших видов новой техники. Экономические расчеты и обоснования необходимы и для планирования народного хозяйства в целом, и при составлении планов развития отдельной отрасли, и для планирования и текущего руководства работой предприятия. С ростом продукции, прогрессом техники усложняется и управление производством. Чтобы по-хозяйски руководить предприятием, недостаточно изучить технику производства — надо быть еще умелым организатором и знающим экономистом. Глубокое знание экономики требуется и от главных инженеров, и от директора предприятия. Поэтому большое значение придается сейчас экономической учебе. На крупных предприятиях эта работа ведется под руководством главных экономистов. Усилены все планово-финансовые отделы. Только при этих условиях возможно разумное хозяйствование, наилучшее развитие производства, рост продукции, рентабельная работа и повышение прибыли.

Машина — основа современной техники

Человек и машина

Еще несколько десятилетий назад, говоря о машине, имели в виду искусственное устройство, создаваемое человеком для полной или частичной замены выполняемых им различных трудовых операций.

Сегодня машины «справляются» не только с производственными операциями, но отчасти «берут на себя» и интеллектуальные функции человека (электронные вычислительные машины, электронные управляющие вычислительные машины), а в некоторых случаях — и физиологические (искусственное сердце, искусственная почка и т. д.).

Передавать и принимать информацию машины научились давно. Всем хорошо известны телефон, телеграф, фототелеграф, радио- и телепередатчики и приемники. А сравнительно недавно машины «научились» и обрабатывать информацию, необходимую для производственного процесса, т. е. выполнять функции, которые до сих пор осуществлялись только человеком.

Теперь готовится переход от отдельной машины к автоматической системе машин, т. е. связанных между собой энергетических, транспортных, технологических, контрольно-управляющих машин (см. статьи раздела «Автоматика и кибернетика»).

Все отрасли техники сейчас оснащаются автоматами, которые успешно заменяют человека на трудоемких вспомогательных операциях: они устанавливают и снимают детали со станков, упаковывают, штабелируют, транспортируют их. Автоматы заменяют человека на многих выполняемых прежде вручную операциях в сельском хозяйстве, промышленности, связи, на транспорте и т. д. Наконец, автоматы типа роботов, снабженные датчиками, умеющими «слышать», «видеть», «осязать» и т. д., будут надежными помощниками человека в научных исследованиях, освоении космоса (луноход), дна океана и других труднодоступных мест.

Прогресс в машиностроении связан с успехами математики, физики, химии. Математика подарила технике кибернетические машины, а физика и химия — новые методы обработки металлов (ультразвуковой, электроннолучевой и электрохимический) и новые материалы.

Применение новых материалов помогает разработать более прогрессивную технологию изготовления изделий. Внедрение химических методов в обработку позволяет исключить некоторые промежуточные операции, сократить расход материалов.

Не меньшее влияние на машиностроение оказывает и использование таких достижений физики, как мощные генераторы света, применяемые для обработки материалов, эффект взрыва для получения

изделий заданной формы, полупроводниковые вентили для замены передаточных механизмов и т. д.

И именно математика помогает технике полностью решить задачу автоматизации. Ведь для этого нужно преодолеть еще один рубеж: разработать алгоритмы технологических процессов и процессов проектирования, т. е. математизировать эти процессы. Тогда вычислительные машины смогут помочь рассчитать данные о наиболее выгодных типах автоматов и создать автоматические системы.

В машинном царстве идет бурный процесс научно-технической революции. Сегодня мы говорим об основном направлении этого процесса, о наших задачах и перспективах. Разумеется, не все можно предусмотреть: как известно, современная техника обгоняет даже самые дерзкие мечты фантастов. И все же прогресс в машинном деле можно и нужно планировать, регулировать и координировать.

Что же принесет дальнейшее развитие технической революции людям Земли? Прежде всего, величайшее повышение производительности труда.

Но не всегда, к сожалению, в наши дни машина приносит радость человеку. Достаточно вспомнить многомиллионные армии безработных в капиталистических странах, умножающиеся по мере автоматизации производства. А машины, которые куют смертоносное оружие и доносят его через моря, океаны и континенты в любую точку земного шара!

Но винить в этом саму машину, конечно, нельзя. Все зависит от того, в чьих руках машина находится. В странах социализма, там, где власть принадлежит народу, машины выполняют лишь свою созидательную роль, принося людям облегчение в труде.

Коммунистическая партия и Советское правительство последовательно и настойчиво осуществляют ленинскую миролюбивую внешнюю политику, направленную на мирное сосуществование государств с различным социальным строем. Но государства с социалистическим укладом жизни тоже вынуждены иметь машины, предназначенные и для военных целей, однако они призваны здесь выполнять лишь функции защиты.

Что мы называем машиной

Мы живем в мире машин. Они окружают нас дома, на улице и на работе. Их гул слышен на земле и под землей, на воде и под водой. Они подняли человека в небо и открыли путь в космические дали.

От разнообразия, технического совершенства и количества машин зависят условия и производительность труда человека, благосостояние народа, сила и мощь государства. Машиностроение — основа современной техники, одна из самых важных отраслей промышленности.

Многим из вас, конечно, интересно узнать, как делают машины. Но прежде чем познакомиться с машиностроением, давайте ответим на вопросы: а что такое машина? Почему столько *устройств*, различных по назначению, конструкции и размерам, называют одним универсальным словом — машина? Да потому, что их объединяет одно общее свойство: *все они выполняют какую-либо полезную работу*. Это основной признак машины.

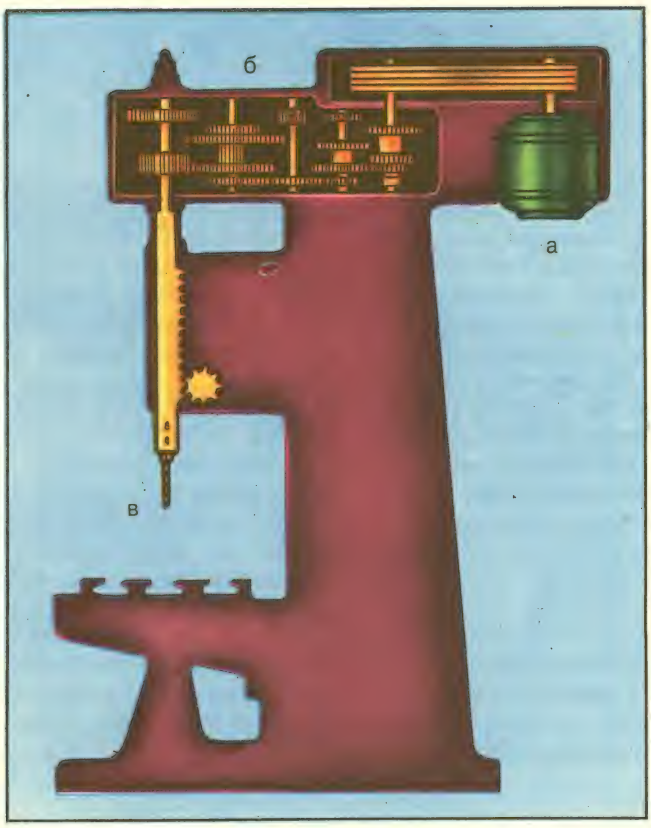
Возьмем для примера две бритвы — электрическую и безопасную. Назначение у них одинаковое — резать волосы. Но электрическая бритва — машина. Она *сама* выполняет основную рабочую операцию — сама режет волосы. Человек только управляет ею. А вот безопасная бритва не машина, а всего лишь инструмент — простейшее орудие, с помощью которого человек сам совершает работу.

Еще пример. Обычная лопата — это инструмент, при помощи которого человек копает землю. Экскаватор служит для этой же цели. Но вы без колебаний назовете экскаватор машиной. И не ошибетесь, потому что экскаватор сам совершает полезную рабочую операцию, а человек только управляет им.

Значит, главное отличие машины от других устройств заключается в том, что машина *сама* совершает основные рабочие операции, в то время как орудия только *помогают* человеку совершать работу.

Машины могут быть самыми разными, в зависимости от того, какую работу они выполняют: *транспортными* (самолет и вертолет, электровоз и теплоход, автомобиль и велосипед), *энергетическими* (турбина и двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель и электрогенератор), *машинами-орудиями*, или *технологическими* (подъемный кран и сеялка, металлообрабатывающий станок и печатная машина), *счетно-решающими* (от простого арифмометра до современных электронных вычислительных машин).

Но как бы машины ни отличались друг от друга, опытный глаз инженера всегда найдет в них общие черты. Возьмем, например, настольный вентилятор,



У каждой машины есть 3 основные части: двигатель *а*, передаточный механизм *б*, рабочий орган *в*.

гигантский шагающий экскаватор и автомобиль. Прежде всего у каждого из них есть *рабочий (исполнительный) орган,* при помощи которого они выполняют полезную работу. У вентилятора рабочий орган — это небольшой пропеллер, у экскаватора — гигантский ковш, у автомобиля — колеса.

Рабочие органы нужно приводить в движение,— значит, у машины должны быть *двигатели.* У вентилятора в корпусе спрятан маленький электрический двигатель, колеса автомобиля вращает двигатель внутреннего сгорания, а у шагающего экскаватора более 40 электродвигателей. У других машин в качестве двигателя может быть паровая машина или газовая турбина — от этого суть не меняется.

Движение от двигателя передается рабочим органам машины с помощью *передаточных устройств* (передаточных механизмов). Это может быть канатно-рычажный механизм, как у экскаватора, или коробки передач, как у автомобиля.

Вот мы и установили, что машина состоит из трех основных частей: *рабочего органа, двигателя* и *передаточного механизма.* Правда, у некоторых машин, например у обычного велосипеда двигателя нет, он приводится в движение человеком. Но от этого велосипед не перестает быть машиной.

Работой каждой машины надо управлять. Значит, у нее должны быть еще *устройства управления:* рычаги, штурвалы, педали, кнопки. Кроме того, машины могут иметь автоматические программные устройства, в этом случае человеку не приходится непосредственно управлять ими, он только составляет для них программу и следит за их работой. Такие машины называются *автоматами.*

И наконец, каждая машина должна иметь какой-то *остов, раму* или *станину,* на которых крепятся все ее устройства.

Узлы и детали машин

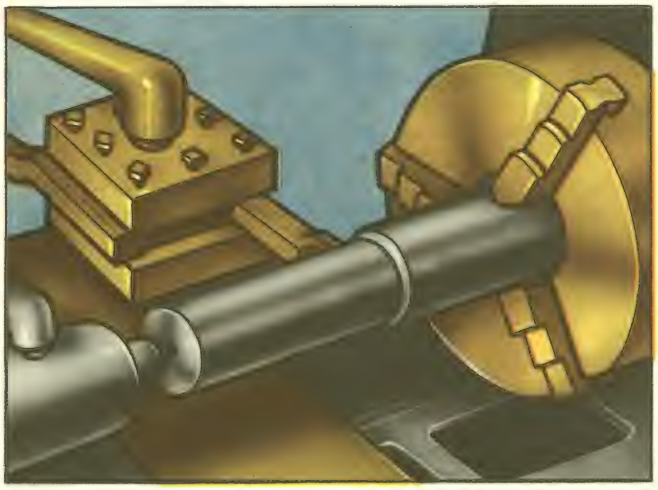
Рабочие органы

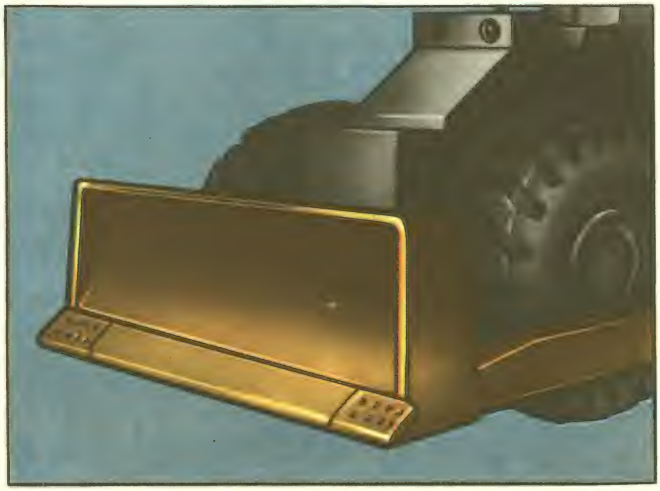
Устройство рабочих органов машины определяется прежде всего ее назначением, условиями и характером работы. Все остальные части — двигатели, передаточные механизмы, устройства управления — предназначаются для того, чтобы рабочий орган мог выполнять те движения и передавать те усилия, которые необходимы по роду возложенной на машину работы. Возьмем, например, металлорежущие станки. Рабочие органы токарного станка — шпиндель, на котором установлен патрон для крепления детали, и суппорт, перемещающий резцы во время работы. Шпиндель с фрезой и подвижной стол для крепления и подачи детали — рабочие органы фрезерного станка. Рабочие органы землеройных машин — ковш и ножи, при помощи которых они роют и перемещают землю. У врубовой машины рабочий орган — бар — цепь с резцами; у ткацкого станка — челнок, ведущий поперечную уточную нить, и ремизки, перемещающие нити основы. Рабочими органами турбин — гидравлических, паровых, газовых — служат их рабочие колеса.

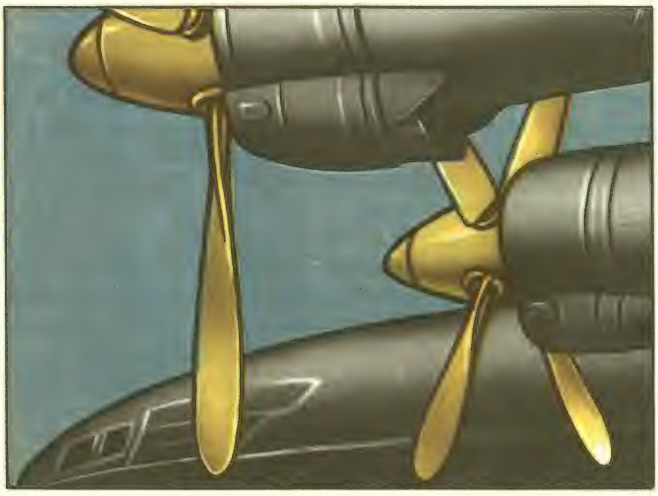
А у электрических машин? Ротор и статор с обмотками. В них происходит преобразование энергии движения в электрический ток (генераторы) или электрической энергии в движение (двигатели).

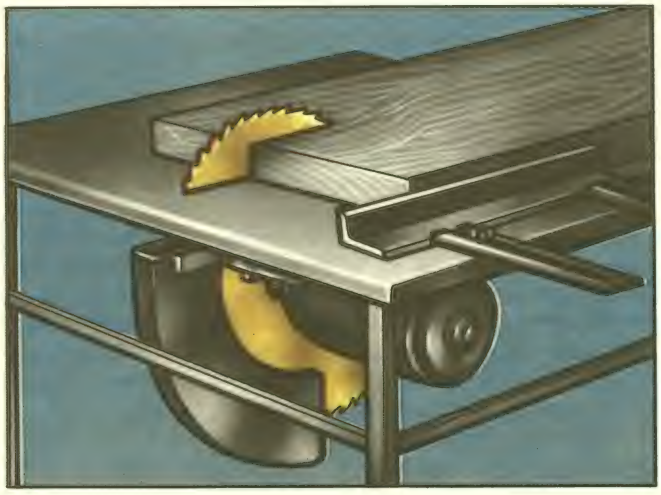
Острые лемеха плуга или тонкие диски лущильника являются рабочими органами этих сельскохозяйственных машин.

Рабочие органы машины: у токарного станка — шпиндель *(справа)* и суппорт; у винтомоторного самолета — воздушный винт; у бульдозера — нож; у распиловочного станка — дисковая пила.









Обратимся к транспортным машинам. Их назначение — перевозить грузы и пассажиров. Значит, их рабочим органом является *движитель* — устройство, с помощью которого машина движется. У колесных машин — автомобилей, троллейбусов, локомотивов — движителем служат колеса, но не все, а только те, которые соединены с двигателем и передают движение от двигателя всей машине. Движитель судов — гребной, а самолетов — воздушный винт. У реактивных самолетов движитель — сопло двигателя.

Совершенствование машин в значительной степени связано с улучшением рабочих органов. Развитие техники и промышленности требует создания все более сложных и совершенных станков и машин. Нам, например, уже недостаточно простого сверлильного станка с одним шпинделем, и мы создаем станки, у которых рабочий орган — сразу десяток шпинделей со сверлами разных диаметров. Все они одновременно «вгрызаются» в тело детали, намного ускоряя работу. Нас уже не устраивают станки, которые могут выполнять какую-нибудь одну работу. Создаются станки со сменными рабочими органами — агрегатами. Заменил агрегат, и станок меняет свою «профессию».

Но не обязательно рабочим органом машины должна быть какая-либо ее деталь. В угольных шахтах и на каменных карьерах применяются гидромониторы. В этих машинах основную работу выполняет мощная струя воды, выбрасываемая из их стволов,— она сама отламывает куски угля или камня, а рабочий только направляет ее в нужное место. Значит, в данном случае рабочим органом является струя воды.

В машиностроении применяется искровой метод обработки металлов. Здесь рабочим органом служит электрическая искра. В последнее время для обработки отверстий металлов и других твердых материалов стали использовать лазеры. Рабочим органом таких станков является тонкий луч монохроматического света (см. ст. «Новые методы обработки»).

В машинах, использующих электрогальванические процессы, например никелирование, рабочим органом служит электрический ток — под его действием помещенные в электролит детали покрываются тонким слоем никеля. А в различных химических процессах рабочим органом машины может являться сама среда, в которой происходят те или иные химические процессы.

Двигатели

Определяя понятие «машина», К. Маркс писал: «Итак, рабочая машина — это такой механизм, который... совершает своими орудиями те самые операции, которые раньше рабочий совершал подобными же орудиями. Исходит ли эта движущая сила от человека или же, в свою очередь, от машины — это ничего не изменяет в существе дела».

Значит, совсем не обязательно, чтобы машина имела какой-либо отдельный двигатель. И сейчас существует множество различных машин, которые приводятся в движение человеком или животными: лошадьми, волами, верблюдами, слонами и т. д. Однако большинство современных машин приводятся в движение созданными человеком энергосиловыми двигателями. Такие двигатели повышают мощность и производительность машин, освобождают человека от тяжелого физического труда и позволяют широко механизировать и автоматизировать все процессы промышленного производства.

Какие же двигатели применяются в современных машинах?

В технологических машинах главенствующее положение завоевали *электрические двигатели*. Во-первых, они устроены проще и значительно надежнее других двигателей и имеют более высокий к.п.д. Пылезащитный, водонепроницаемый или взрывобезопасный корпус позволяет электрическому двигателю работать в любом цехе, и в шахте, и в пыли, и под дождем, и даже под водой.

Во-вторых, электрические двигатели всегда готовы к работе, ими легко управлять даже на расстоянии. Нажатием кнопок вы пускаете двигатель, останавливаете его, меняете направление вращения. Двигатели постоянного тока, кроме того, позволяют плавно изменять частоту их вращения.

В-третьих, что очень важно, электрические двигатели позволяют значительно упростить механизмы машин и улучшить их конструкцию.

Раньше один мощный двигатель с помощью сложных ременных передач приводил в движение сразу несколько станков. Неудобство и несовершенство такого привода не нуждаются в пояснениях. С появлением электрических двигателей различной мощности каждый станок получил свой двигатель и даже несколько двигателей, приводящих в движение определенные части машины. Так, например, на современном большом карусельно-расточном станке установлено более 40 электрических двигателей. Более 40 двигателей имеет и шагающий экскаватор. А прокатный стан «превзошел» все машины: в прокате заготовки участвуют около 1000 электрических двигателей различной мощности.

Электрические двигатели позволили создать современные высокопроизводительные машины, агрегатные станки, автоматические станочные линии и заводы-автоматы. Благодаря им появились удобный электрифицированный инструмент и разнообразные машины, облегчающие труд человека в быту.

На многих землеройных, грузоподъемных, строительно-дорожных и сельскохозяйственных машинах, которым приходится кочевать по полям и бездорожью, работать вдали от источников электрического тока, применяются *двигатели внутреннего сгорания*.

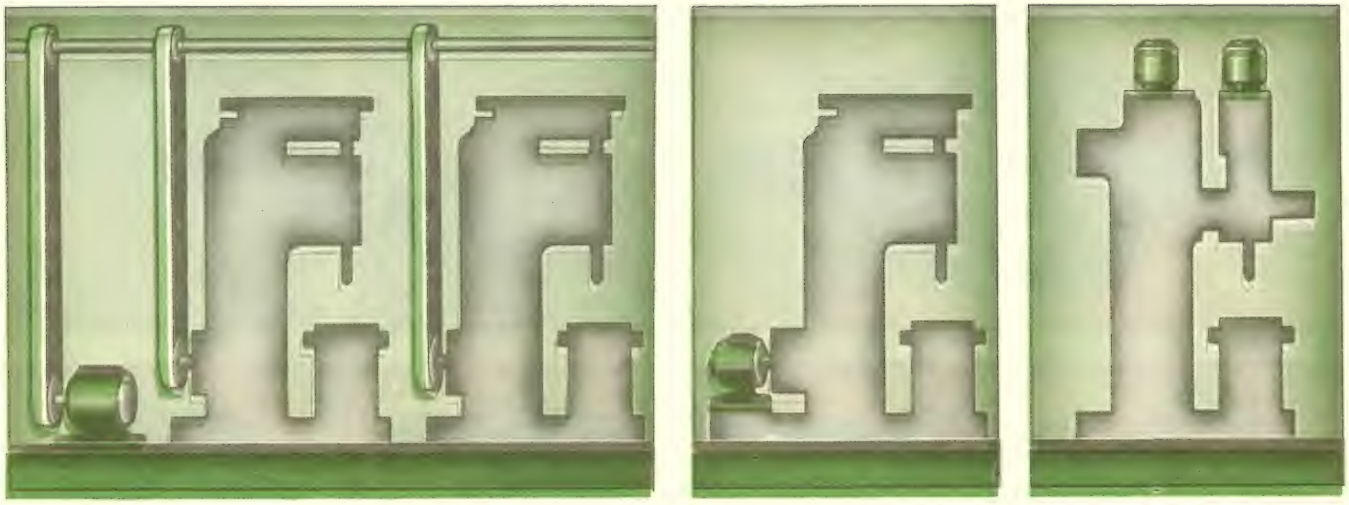
Иное положение в мире транспортных машин. Здесь используются самые различные двигатели, в зависимости от требований, предъявляемых к машине (скорости, силы тяги), и от того, где она работает (на земле, в воздухе, на воде или под водой).

В воздухе авиационные поршневые двигатели внутреннего сгорания быстро уступают место *газотурбинным* и *реактивным*. На железной дороге электровозы с электрическими и тепловозы с дизельными двигателями вытеснили паровозы с их несовершенными паровыми машинами. А газовая турбина уже начала наступление на тепловозный дизель.

На тяжелых грузовых автомобилях вместо бензиновых двигателей появляются мощные дизельные. Такие же двигатели работают на тракторах, комбайнах, судах. В городском транспорте соперничают электрические, бензиновые и дизельные двигатели.

Лишь в космосе пока один хозяин — *ракетный двигатель*. (Подробно об устройстве и работе различных двигателей вы можете прочитать в статьях раздела «Энергия и энергетика».)

Схема развития привода. Сначала один двигатель обслуживал много станков, затем каждый станок получил собственный двигатель. А современные станки снабжены не одним, а несколькими двигателями, каждый из которых приводит в движение определенные механизмы машины. Это значительно упрощает конструкцию привода и облегчает управление станком.



Десятки и сотни тысяч автомобилей, наводнивших улицы современных городов, загрязняют окружающий воздух выхлопными газами, это стало в ряде случаев даже опасным для здоровья городского населения. Поэтому конструкторы многих стран мира работают сейчас над проблемой снижения вредности автомобильных двигателей. Работы ведутся в направлении замены топлива, очистки выхлопных газов, делаются попытки применить турбинные двигатели и даже вернуться к паровым машинам. Но наиболее заманчивы и интересны работы по созданию электрического автомобиля — электромобиля — с независимым аккумуляторным питанием (см. ст. «Автомобили вчера, сегодня, завтра»).

Передачи

Двигатели, как правило, создают вращательное движение, а рабочие органы машины совершают движение по самым разнообразным траекториям и с различными скоростями. Следовательно, *передаточные механизмы* должны не только передавать движение и усилие от двигателя рабочим и вспомогательным органам машины, но и преобразовывать один вид движения в другой, изменять его скорость и направление.

Начнем с простого примера: нужно привести в движение водяной насос при помощи электрического двигателя. Рабочее колесо насоса должно вращаться с той же частотой и в том же направлении, что и вал двигателя. В этом случае достаточно поставить насос рядом с двигателем и соединить их валы между собой. Это делается при помощи *простых муфт*.

Если в процессе работы необходимо разъединять машины на ходу, применяются более сложные, *гидравлические, фрикционные* или *магнитные муфты*. В первом случае передача вращения происходит за счет сил жидкостного сцепления, во втором — за счет силы трения, а в третьем — за счет силы магнитного притяжения, возникающего при протекании тока по обмоткам муфты.

Иногда соединяемые части машин находятся на некотором расстоянии друг от друга и оси валов не совпадают. В этом случае используют вал с *карданными шарнирами* или *гибкий вал* (трос).

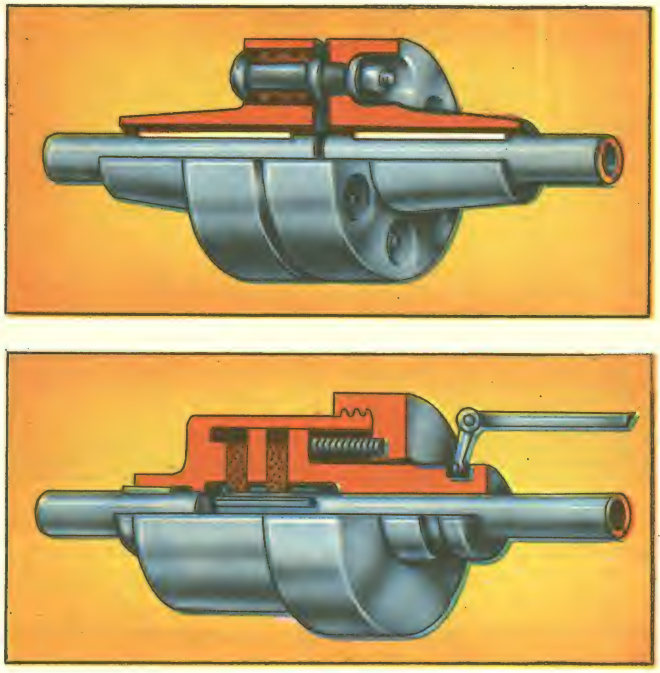
Следующая группа устройств для передачи вращательного движения — *ременные* и *цепные передачи*. В отличие от предыдущих они позволяют получать различные частоты вращения. Частоты вращения ведущего и ведомого валов в таких передачах связаны простой зависимостью:

$$\text{частота вращения ведомого вала} = \frac{\text{частота вращения ведущего вала} \times \text{диаметр ведущего шкива}}{\text{диаметр ведомого шкива}}.$$

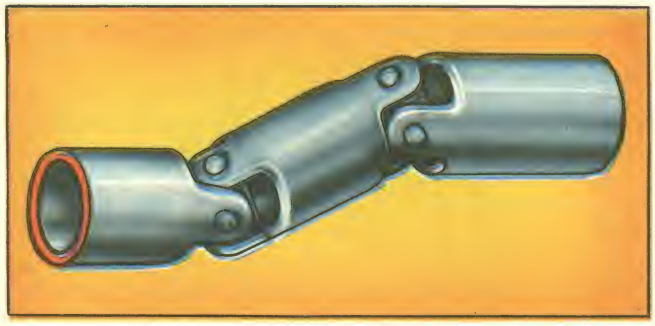
Иными словами, если мы хотим, чтобы ведомый вал вращался медленнее ведущего, мы должны поставить на нем шкив бóльшего диаметра, чем на ведущем, и наоборот. Отношение диаметра ведущего шкива к диаметру ведомого называется *передаточным отношением*. (Для цепной передачи диаметры шкивов в формуле надо заменить числом зубьев ведущей и ведомой звездочек.)

В некоторых машинах цепные передачи служат еще и частью рабочего органа. Например, ковши землеройной и зубья врубовой машины крепятся не-

Муфты для передачи вращения: простая муфта, фрикционная муфта *(внизу)*.



Карданный шарнир.



Внизу: виды передач *(слева направо)*: текстропная, цепная.

посредственно на цепи и перемещаются вместе с нею.

Несмотря на то что ременные передачи наиболее просты, в машиностроении более широко распространены *зубчатые передачи*. Еле различимые глазом зубчатые колесики отсчитывают время в маленьких наручных часах, а гигантские зубчатые колеса диаметром в несколько метров помогают поднимать огромные щиты в шлюзах, поворачивать стрелы экскаваторов и подъемных кранов. Но для всех таких передач действительна одна и та же формула передачи скоростей. Она сходна с формулой ременных передач:

$$\text{частота вращения ведомого колеса} = \frac{\text{частота вращения ведущего колеса} \times \text{число зубьев ведущего колеса}}{\text{число зубьев ведомого колеса}}.$$

Зубчатые передачи допускают различное расположение валов, различные частоты и направления вращения.

У обычных зубчатых передач есть одна особенность — зубчатое колесо не может иметь меньше 6 зубцов, иначе не будет соблюдено условие плавного и надежного зацепления. Даже самые «маленькие» зубчатые колеса имеют не меньше 6 зубьев. Отсюда и произошло слово «шестерни», которым часто в обиходе называют все зубчатые колеса. Минимальное количество зубьев — 6, а максимальное — сколько угодно. Ведь длинная зубчатая рейка — это тоже своего рода зубчатое колесо с бесконечно большим диаметром.

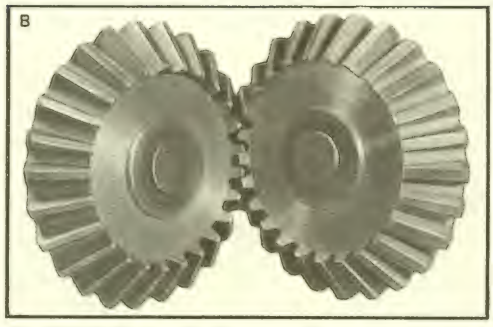
Соотношение диаметров и числа зубьев зубчатых колес, находящихся в зацеплении, а следовательно, и передаточное отношение этой пары зависят от назначения передачи и выбираются на основе расчетов.

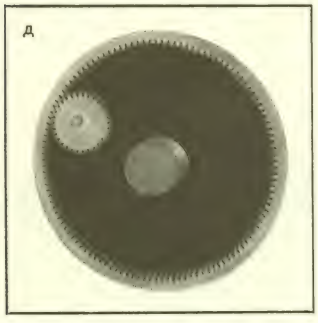
В тех случаях, когда для изменения частоты вращения оказывается недостаточным передаточное отношение одной пары колес, применяют несколько пар зубчатых колес. Такой механизм, заключенный в отдельный корпус, называется *редуктором*.

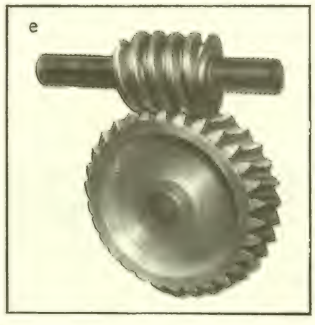
Для многих машин нужны передачи, позволяющие легко и быстро изменять частоту вращения ведомого вала. Для этого в редукторе устанавливают несколько параллельно расположенных валов, на которых находятся зубчатые колеса с различным числом зубьев. При помощи специальных устройств в зацепление вводят те или иные пары колес. Такие редукторы с изменяемым передаточным отношением называются *коробками скоростей* или *коробками перемены передач*.

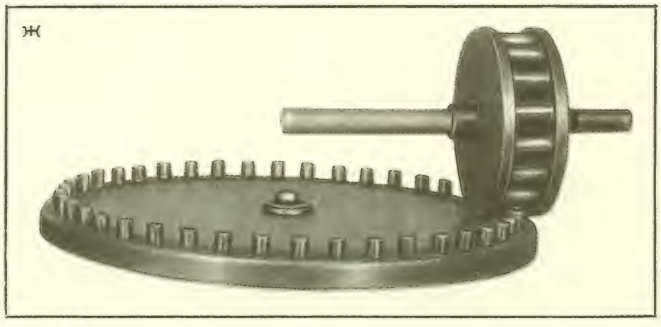
Как бы хорошо ни были изготовлены зубья цилиндрических зубчатых колес, при их зацеплении неизбежно происходят удары, отчего они быстро изнашиваются. Поэтому в передачах, испытывающих большие нагрузки, применяют *косозубые* и *шевронные зубчатые колеса*. Зацепление зубьев у таких колес происходит плавно, без ударов.

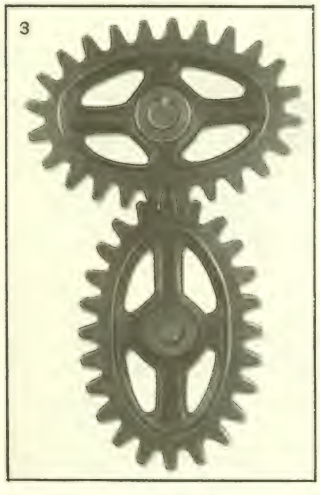
Виды зубчатых передач: *а* — прямозубая цилиндрическая; *б* — шевронная; *в* — коническая; *г* — косозубая цилиндрическая; *д* — передача с внутренним зацеплением; *е* — червячная; *ж* — цевочная; *з* — эллиптические колеса; *и* — передача «мальтийский крест».











Следующий вид передач вращательного движения — *червячная передача*. Червячные редукторы могут иметь весьма большие передаточные отношения.

Ведь, например, червяк с одной ниткой спирали можно сравнить с зубчатым колесом, которое имеет всего один зуб. Значит, передаточное отношение будет равно числу зубьев зубчатого колеса, а их может быть более сотни. В подавляющем большинстве таких передач червяк является ведущим, а зубчатое колесо — ведомым.

Но передачей и изменением частоты вращения не исчерпываются задачи передаточных механизмов. Рабочие органы и вспомогательные устройства многих машин совершают возвратно-поступательное движение, а вал двигателя — вращательное. Поэтому существуют передачи, преобразующие вращательное движение в возвратно-поступательное движение и наоборот (некоторые из них показаны на стр. 26).

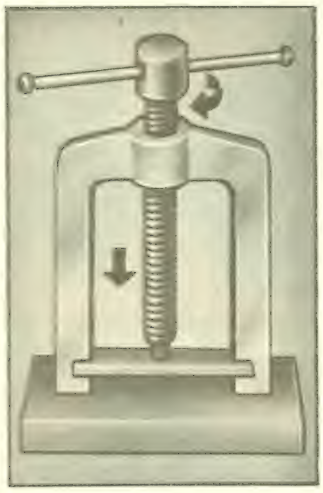
Это основные виды *механических передач* движения, применяемые в современных машинах. Из их сочетаний состоит любой самый сложный передаточный механизм.

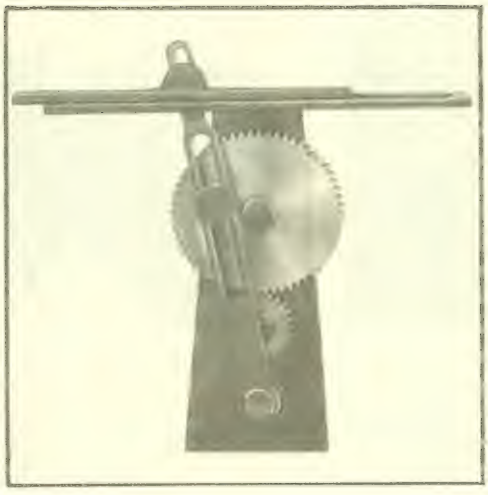
Чем больше совершенствуются машины, тем больше требований предъявляется к их механизмам. И не всегда механические передачи позволяют выполнять эти требования.

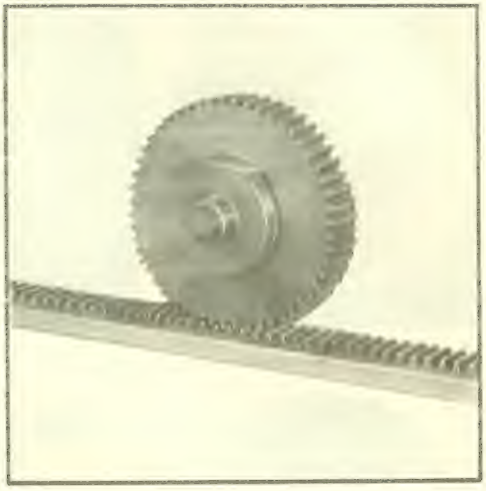
Как ни хороша, например, коробка скоростей, состоящая из зубчатых передач, она позволяет изменять частоту вращения только ступенями, зависящими от передаточных отношений зубчатых колес, находящихся в зацеплении. А вот *гидравлическая коробка скоростей* обеспечивает плавное изменение частоты вращения в широких пределах. Она состоит из насоса и турбины. Насос закреплен на ведущем валу, а турбина — на ведомом. При работе насос подает масло на лопатки турбины и заставляет ее вращаться. Если все масло из насоса идет на турбину, она вращается с максимальной частотой. Но вот мы приоткрыли кран. Часть масла пошла в обход тур-

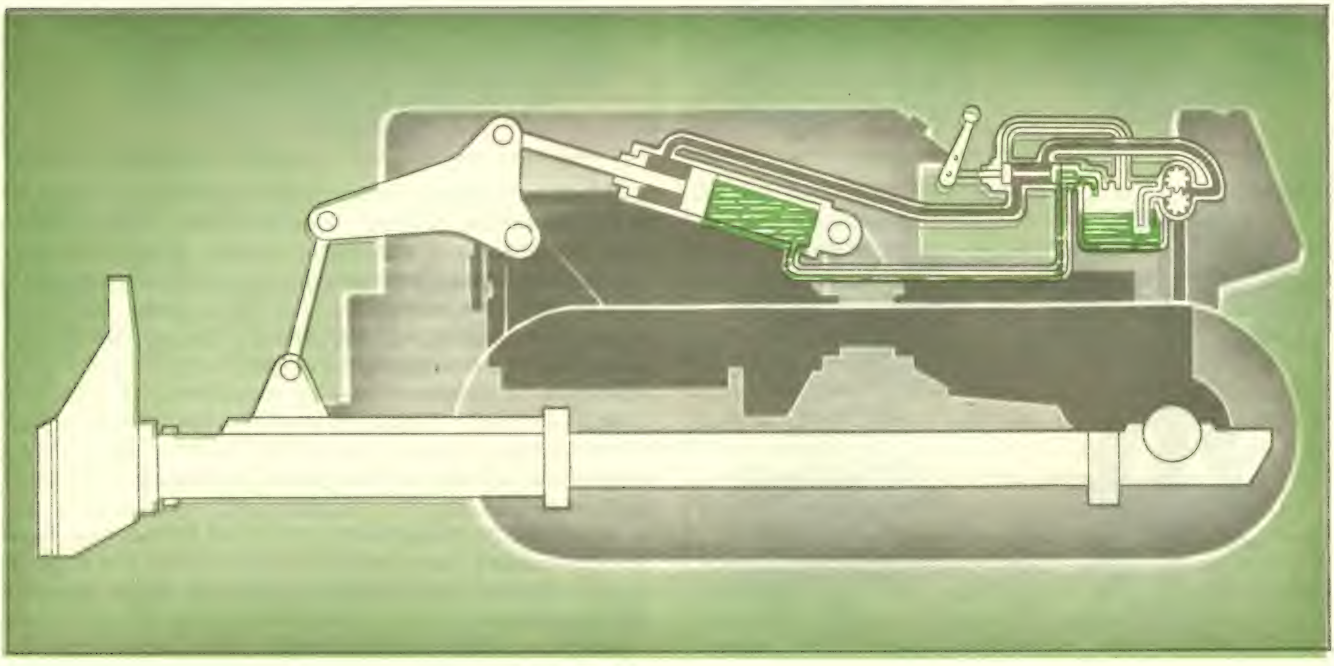
Передачи, преобразующие вращательное движение в поступательное *(слева направо)*; ходовой винт, кривошипно-кулисный механизм, зубчатая рейка.

Внизу: гидравлическая передача в бульдозере.







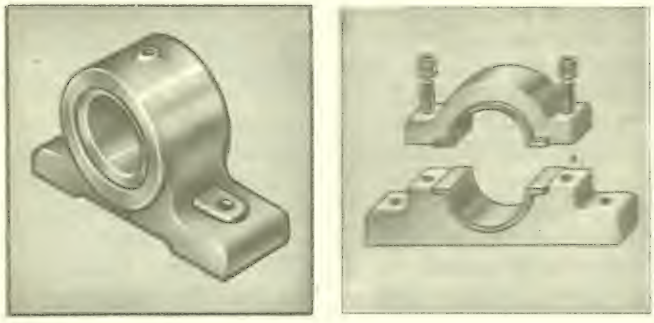


бины, и частота ее вращения уменьшилась. Чем больше открыт кран, тем медленнее вращается турбина. А если все масло будет проходить мимо турбины, она совсем остановится. Следовательно, регулируя подачу масла, можно плавно изменять частоту вращения турбины. Такие гидравлические коробки скоростей уже применяются на металлорежущих станках, в автомобилях и других машинах. Появились уже и мощные магистральные тепловозы с гидравлической передачей, похожей на гидравлическую коробку скоростей.

У трактора-экскаватора «Беларусь» нет сложных механических передач от двигателя к ковшу. Двигатель приводит в движение только масляный насос, а масло, поступая под очень большим давлением в гидравлические цилиндры, заставляет рычаги совершать все рабочие движения. Так же устроены передачи от трактора ко многим сельскохозяйственным машинам.

Другая система передач работает на тепловозе. На нем установлен один мощный дизель. Можно соединить вал дизеля с колесами тепловоза при помо-

Подшипники скольжения *(слева направо)*: неразъемный, разъемный.



щи зубчатых передач. Но дизель — один, колес — много, и такая передача сложна и малонадежна. Поэтому на тепловозе чаще всего применяется *электрическая передача*. Рядом с дизелем установлен электрический генератор, а около колес подвешены электрические двигатели. Дизель вращает якорь генератора, генератор вырабатывает электрический ток, который приводит в движение двигатели, а вместе с ними и колеса.

Опоры

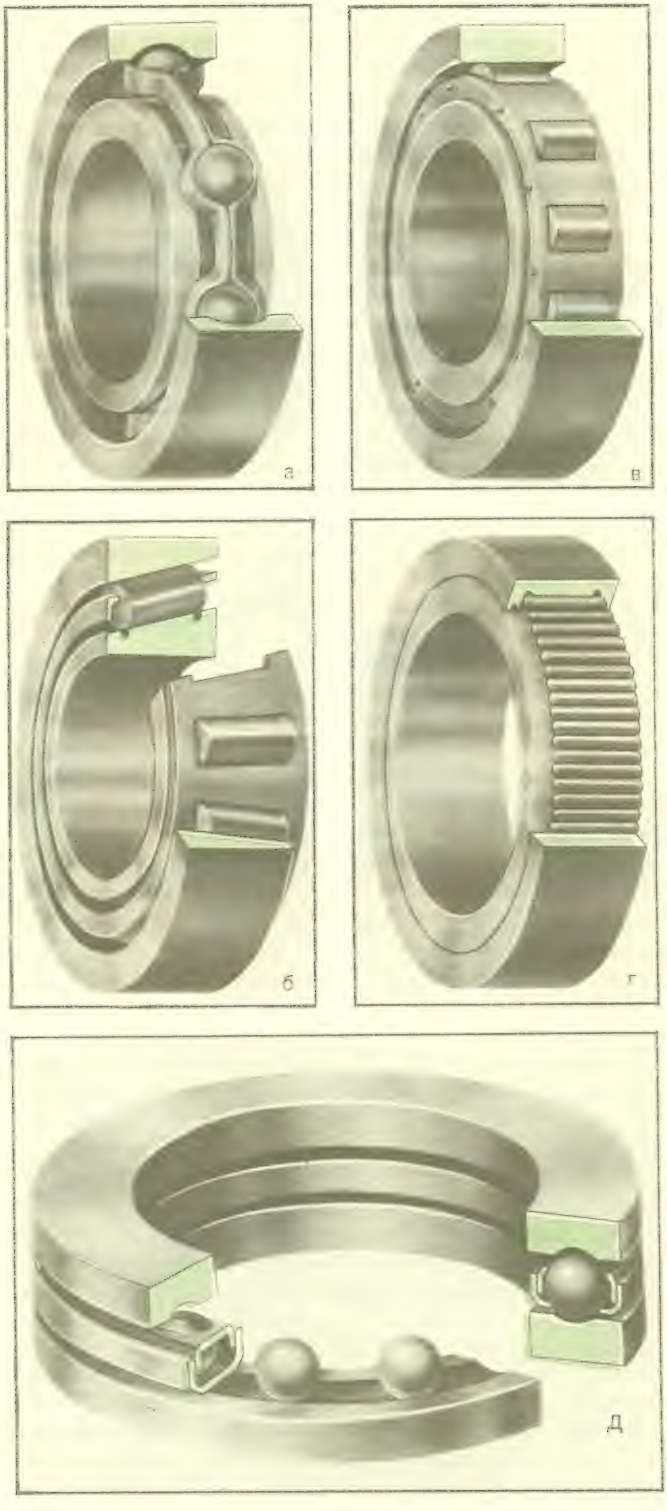
Еще одна важная часть машины — *опоры*, их задача обеспечивать надежную работу вращающихся частей и деталей машины. Известно, что между поверхностями вала и опор, в которых он вращается, возникает трение. Оно препятствует вращению, нагревает металл, вызывает его износ и даже может привести к поломке машины. Как же бороться с трением?

Вспомните: волочить какой-либо тяжелый предмет по скользкой, мокрой глине значительно легче, чем по шероховатому асфальту. А если приходится волочить по асфальту, то лучше подкладывать под предмет какие-нибудь катки. На языке техники это значит, что уменьшить трение можно, заменив сухое трение *трением скольжения* или *трением качения*.

Опорные участки вала — их называют *шипами* или *шейками* — протачивают, шлифуют и помещают в специальные *опоры — подшипники*, которые разделяются на две основные группы: подшипники скольжения и подшипники качения.

Подшипники скольжения состоят из *корпуса с отверстием* и запрессованной в него *втулки*, чаще же — из *разъемного корпуса* и *вкладышей*. При сборке вал кладется отшлифованными шейками на нижние половинки вкладышей и покрывается верхними половинками вкладышей.

Подшипники качения: *а* — шариковый; *б* — роликовый конический; *в* — роликовый цилиндрический; *г* — игольчатый; *д* — шариковый опорный.



Делаются вкладыши из бронзы или специального сплава. Благодаря принятому сочетанию трущихся материалов (черный металл вала по бронзе или другому сплаву) трение значительно снижается. Но этого мало. На внутренней поверхности вкладышей имеются бороздки, по которым растекается смазка. Как только вал начинает вращаться, он затягивает под шейки частицы масла. Постепенно между валом и вкладышами образуется масляная пленка, она приподнимает вал, и он вращается, уже не касаясь поверхности вкладышей. Так сухое трение заменяется жидкостным.

Трение сильно уменьшилось, но не исчезло совсем. При больших частотах вращения даже трение жидкостного скольжения вызывает сильный нагрев подшипника. Его надо охлаждать, и эта обязанность также поручается маслу. В одних подшипниках устраивают масляную ванну, а на вал надевают кольца, которые, вращаясь, подают свежее масло из ванны на шейку вала. В другие подшипники непрерывно подают масло при помощи специальных насосов. Масло одновременно и смазывает трущиеся поверхности, и охлаждает их.

Как видите, обеспечить надежную работу подшипников скольжения не так-то просто: они требуют повседневного ухода.

Значительно надежнее и удобнее в эксплуатации *подшипники качения*. В таких подшипниках стальные шарики *(шариковые подшипники)* или ролики *(роликовые подшипники)* катятся по канавкам колец, поставленных между вращающимся валом и неподвижной опорой. На преодоление трения в шариковом подшипнике тратится всего несколько тысячных долей общей нагрузки на вал. Смазывать такие подшипники надо густым маслом только при очередных ремонтах машины.

Решая вопрос о том, какому виду подшипников отдать предпочтение в том или другом случае, надо учитывать, что подшипники скольжения плохо работают при трогании с места, пока не образовалась масляная пленка (к тому же при резких толчках на валу эта пленка легко нарушается). Подшипники качения, наоборот, хорошо работают при трогании с места. Но и у них есть недостаток: они плохо переносят очень большие нагрузки, когда давление на шарики или ролики оказывается чрезмерно большим. Поэтому для каждого узла машины подбирается соответствующий тип подшипника.

В обычных электродвигателях, как правило, устанавливаются шариковые подшипники; в редукторах мощных лебедок подъемных кранов, в железнодорожных вагонах — роликовые. А вот в любом автомобиле много различных видов подшипников: коленчатый вал опирается на подшипники скольжения, полуоси передних колес — на шариковые подшипники, вал ведущей шестерни главной передачи — на конические роликовые и т. д.

А какие же подшипники применять для мощных авиационных двигателей, гигантских прокатных станов и других машин, валы которых испытывают очень большие и часто изменяющиеся нагрузки? Для таких машин применяют специальные *игольчатые подшипники,* в которых между кольцами находятся обильно смазанные тонкие стальные иглы. Сначала такой подшипник работает как роликовый — иглы катятся по поверхности колец. При увеличении скорости вала иглы перестают катиться и вместе с маслом образуют внутреннее кольцо, которое скользит между стальными кольцами подшипника. Как видите, в игольчатом подшипнике сочетаются достоинства подшипников скольжения и подшипников качения.

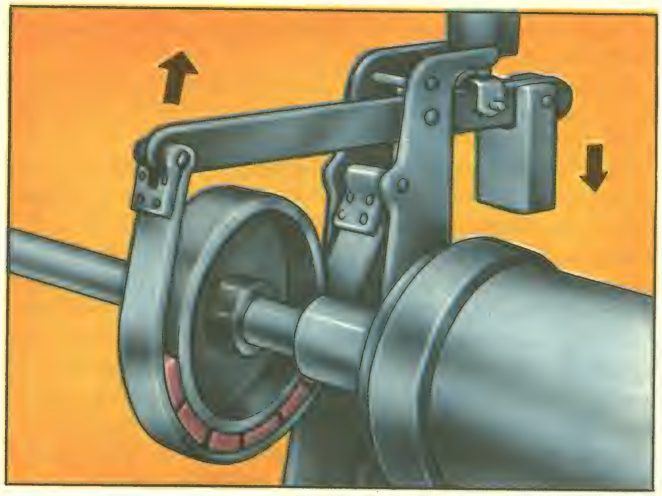
Уменьшить трение можно и другими способами. Вы, вероятно, слышали о судах на воздушной подушке. Нагнетаемый сильным вентилятором поток воздуха поступает под днище судна и создает там давление, приподнимающее судно над водой. Увлекаемое воздушным винтом, такое судно легко скользит по поверхности воды как бы на воздушной подушке.

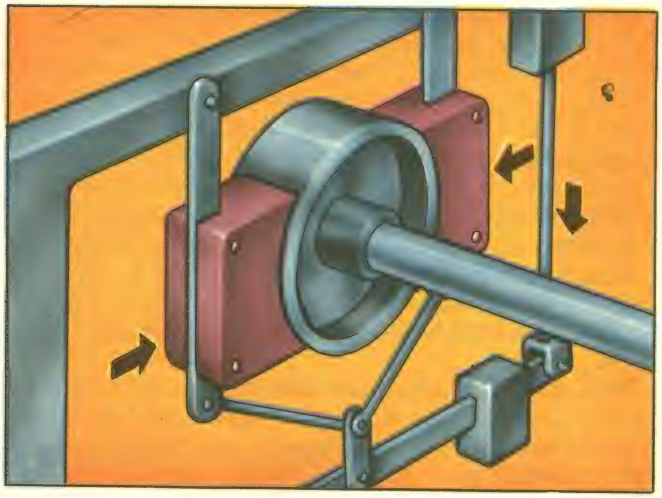
На опытах по электричеству в школе вам, наверное, приходилось видеть, как под действием магнитного поля приподнимается металлическое кольцо над сердечником сильного электромагнита. Значит, и воздушная подушка, и магнитное поле могут уменьшать трение в различных механизмах. *Подшипники с воздушным трением* уже находят применение в небольших воздушных (или газовых) турбинах, приводимых в движение сжатым воздухом. Эти турбины имеют очень большие частоты вращения, необходимые для создания прочной воздушной подушки между вращающимися частями и опорой. Здесь воздух одновременно приводит в движение турбину, «смазывает» ее и охлаждает.

Тормоза

Представьте себе, что произошло бы на улицах, если бы легковые и грузовые автомобили, троллейбусы и трамваи не имели тормозов! Не менее важны тормоза и для различных грузоподъемных и технологических машин.

Тормозные устройства *(сверху вниз):* ленточное, колодочное, храповое.





Если в подшипниках трение было нашим врагом, с которым мы боролись всеми доступными нам способами, то в тормозах трение становится нашим помощником. Оно замедляет скорость машины, удерживает ее от самопроизвольного движения, помогает своевременно и быстро остановить.

Наибольшее распространение получили *тормоза колодочного типа*. На вращающемся валу машины находится стальной барабан. К нему при торможении снаружи или изнутри прижимаются колодки. Они сделаны из чугуна или другого материала, который в паре со сталью барабана имеет высокий коэффициент трения. Обычно колодки прижимаются к барабану с помощью рычагов усилием человека, электромагнитным устройством или сжатым воздухом.

В автомобилях, например, тормозные колодки прижимаются к барабану при помощи масла, нагнетаемого под давлением в тормозной цилиндр.

В последнее время вместо колодочных стали применять *дисковые тормоза*, в которых торможение осуществляется за счет трения между вращающимся и неподвижным дисками.

Часто можно встретить в машинах *ленточные тормоза*. У них вместо колодок к барабану прижимается охватывающая его лента, покрытая усиливающим трение материалом.

Часто тормозные колодки или ленты постоянно прижимаются к барабану весом груза, подвешенного на рычаге, и отжимаются при помощи электромагнита только на время работы механизма. Такие тормоза называются *грузовыми* и применяются в механизмах подъемных кранов и различных лебедок для предотвращения самопроизвольного опускания подвешенного на тросе груза.

В некоторых механизмах, например редукторах, для предотвращения самопроизвольного вращения ведомого вала применяют *самотормозящую червячную передачу*. Она отличается от обычных червячных передач меньшим углом наклона винтовой линии червяка. Благодаря этому трение, возникающее между зубьями колеса и червяком при передаче движения от колеса к червяку, надежно препятствует вращению механизма, а вращение от червяка к колесу передается свободно.

В ряде случаев применяют *храповое устройство*. Оно состоит из храпового (зубчатого) колеса и стопорящего приспособления («собачки»). «Собачка» допускает беспрепятственное вращение храпового колеса в одну сторону и надежно удерживает его при попытке повернуть в обратную.

Такое устройство есть почти в любом пружинном механизме, например в часах. Оно позволяет свобод-

но заводить пружину, но предотвращает ее самопроизвольное раскручивание.

Храповик с «собачкой» широко используется также в различных ручных лебедках для поднятия грузов.

На электрифицированном транспорте — на электровозах, в поездах метро, в троллейбусах — помимо *механического торможения* применяют еще и *электрическое*. Установленные на этих машинах электрические двигатели могут работать и в качестве электрических генераторов. Когда машинисту необходимо замедлить движение состава, он переводит двигатели в генераторный режим. Раньше электрический ток двигал состав, а теперь, наоборот, движущийся по инерции состав приводит в движение ставшие генераторами двигатели и вырабатывает электрический ток. На это затрачивается энергия движения, и состав замедляет ход.

Соединения

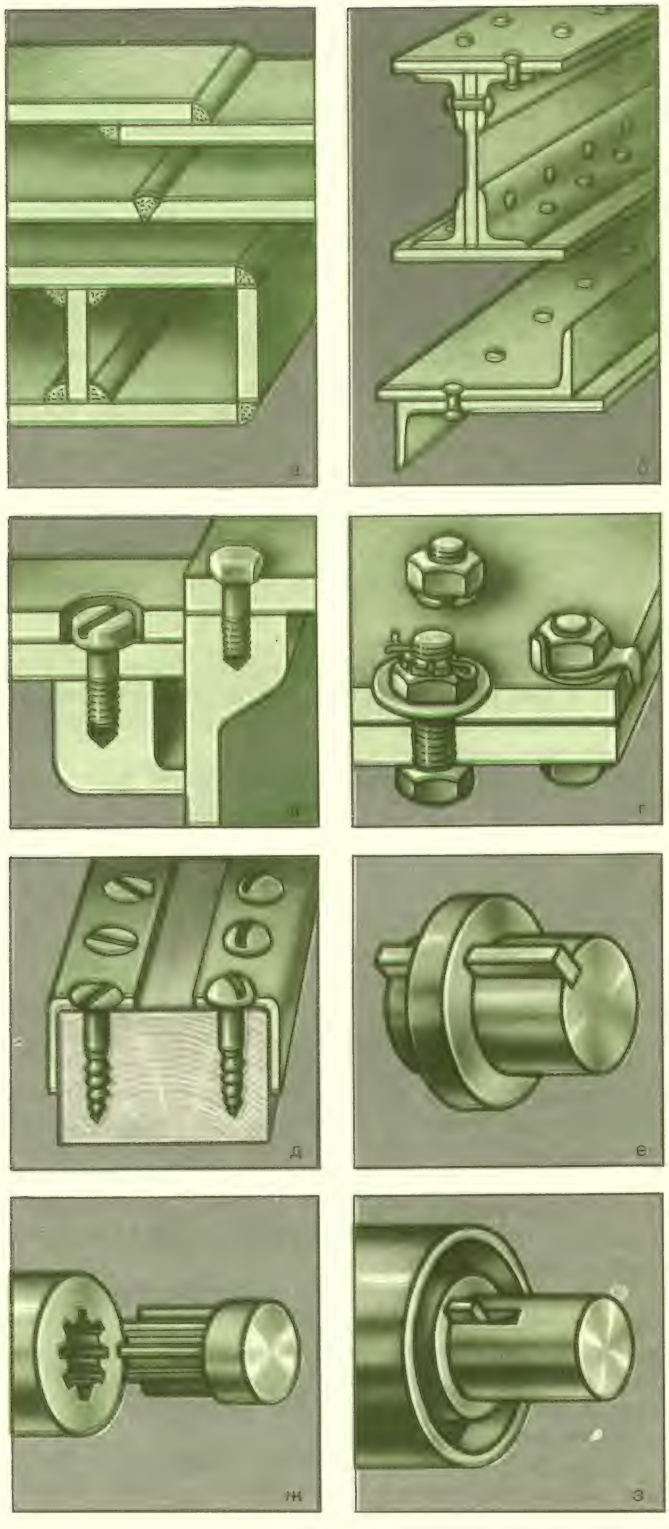
Детали, из которых состоят машины, соединены между собой различными способами. Одни детали соединяют «раз и навсегда», другие так, чтобы их можно было разобрать и собрать вновь, и третьи так, чтобы они могли свободно двигаться относительно друг друга.

Неразборные соединения получают пайкой, запрессовкой одной детали в другую, с помощью заклепок. Однако чаще всего неразборные соединения получают газовой или электрической сваркой (см. ст. «Как сваривают металл»).

Разборные соединения, как правило, выполняют при помощи болтов с гайками или винтов. А чтобы соединяемые детали не развинтились от вибрации, применяют дополнительные стопорящие детали: контргайки, различные фигурные и пружинящие шайбы и шплинты.

Есть и иные типы разборных соединений. Шкивы, зубчатые колеса и другие вращающиеся детали соединяют с валом при помощи выступов, равномерно расположенных на одной из деталей, которые входят в пазы другой (*шлицевое соединение*). Эти же детали часто крепят и с помощью *шпонки,* входящей одновременно в вал машины и в соединяемую с ним деталь (*шпоночное соединение*). Иногда такие соединения позволяют перемещать вращающиеся детали вдоль оси вала. В этом случае их называют *подвижными соединениями.*

Виды соединений деталей: *а* — сварное; *б* — заклепочное; *в* — винтовое; *г* — с помощью болтов; *д* — соединение шурупами; *е* и *з* — шпоночное соединение; *ж* — шлицевое соединение.



Устройства управления

Как мы уже установили, основные рабочие операции машина выполняет сама, а человек только управляет ею. Для этого каждая машина имеет различные рукоятки, штурвалы, рычаги, педали и кнопки, при помощи которых человек включает двигатели, направляет режущий инструмент и т. д.

Увеличение габаритов и мощности машин, повышение скорости их движения привели к тому, что физических возможностей человека стало недостаточно, чтобы управлять такими машинами.

На помощь человеку пришли созданные им специальные системы управления — гидравлическая (жидкость под давлением), пневматическая (сжатый воздух) и электрическая. Такие подсобные системы для дистанционного или автоматического регулирования называются *сервоприводами*.

Например, водитель «Москвича», нажимая на педаль торможения, только перемещает поршень в главном тормозном цилиндре, вытесняя из него тормозную жидкость. Эта жидкость по трубопроводам поступает в тормоза колес и останавливает автомобиль. При этом жидкость давит на тормоза значительно сильнее, чем водитель на педаль. Такая *гидравлическая система управления* не только приводит в действие тормоза, но и усиливает действия человека.

Чтобы остановить огромный 40-тонный самосвал, нужны еще бóльшие усилия. Здесь на помощь приходит *пневматическая система управления*. Без особого труда нажимая на педали тормозов, водитель только открывает клапан — и сжатый воздух с большой силой прижимает тормозные колодки к колесам и останавливает тяжелую машину.

Моторист легкого катера усилием своих рук, поворачивая штурвал, свободно разворачивает катер в любом направлении. А управлять рулями большого корабля человеку помогают мощные электрические машины.

Лопатки направляющего аппарата гидротурбины Братской ГЭС имеют высоту более 3 м, весят несколько тонн, они испытывают гигантское давление воды. Попробуй поверни их! Но машинисту и не надо это делать самому. Ему помогает масляная система регулирования турбины.

Многие сложные машины имеют *комбинированные системы управления*. Например, вы нажали кнопку, и электрический ток открыл электромагнитный клапан на маслопроводе. Масло поступило в сервомотор, и он повернул тяжелые лопасти турбины.

Эти системы управления не только умножили силы человека, но сделали его как бы многоруким: они позволили одному человеку управлять сразу несколькими машинами и механизмами.

Спуститесь в метрополитен. К платформе подходит поезд. Одним поворотом рукоятки машинист при помощи сжатого воздуха открывает и закрывает все двери вагонов. Осуществить такое управление при помощи простых рычагов и тросов было бы невозможно.

Машины становятся все более сложными и производительными, их скорость увеличивается, и человек уже не может следить за ними и управлять их работой только с помощью простых рычагов, педалей и кнопок, даже при наличии самых совершенных сервоприводов.

На помощь человеку приходят различные автоматические системы управления.

Яркими примерами достижений в этой области могут служить советские автоматические межпланетные станции, доставившие нам с Луны образцы лунных пород, или многокилометровые «походы» наших луноходов по ее поверхности. Автопилоты на современных воздушных лайнерах стали уже обычным явлением. А если мы спустимся на землю и заглянем на машиностроительные заводы, мы увидим автоматизированные станочные линии, станки, которыми управляют специальные программирующие устройства и электронные вычислительные машины. В этом будущее машиностроения (см. статьи раздела «Автоматика и кибернетика»).

Станины и ходовое оборудование

В заключение рассказа об узлах и деталях машин осталось добавить, что жизнь у машин бывает разная. Одни спокойно стоят в просторном цехе завода, другие кочуют с места на место, а третьи всегда в пути.

К первым относятся почти все станки. Они, как правило, имеют массивную *станину*, установленную на фундаменте. Это делает машину устойчивой, невосприимчивой к тряске и вибрации, что особенно важно, когда обрабатывают изделия, требующие высокой точности.

Кочующие машины: подъемно-транспортные, землеройные, горные, сельскохозяйственные и другие — имеют различное *ходовое оборудование*. Оно предназначено для передвижения машины в процессе рабо-

ты и, как правило, не рассчитано на далекие путешествия.

Тяжелые экскаваторы, например, перевозятся с одной стройки на другую на специальных многоколесных прицепах, а шагающие экскаваторы, башенные подъемные краны и многие другие машины перевозятся в разобранном виде. Правда, есть экскаваторы и подъемные краны, установленные на ходовом оборудовании транспортных машин: на шасси автомобиля, на железнодорожной платформе или барже. Эти машины могут передвигаться своим ходом на большие расстояния и обслуживать любые стройки.

Подъемные краны, установленные на ходовое устройство автомобилей, как правило, имеют еще специальные домкраты, которые при работе крана упираются в землю. Они придают крану большую устойчивость и, предохраняя ходовую часть от перегрузок, повышают грузоподъемность крана.

Что же касается ходовой части транспортных машин, то о ней вы можете прочитать в статьях раздела «Транспорт».

Как создается машина

КБ получает задание

Представьте себе, что какой-нибудь конструктор решит в одиночку создать новую модель современного самолета или автомобиля. Придумать-то он, возможно, и сможет. Но между «придумать» и «создать» лягут долгие, долгие годы. А за это время машина успеет устареть.

Создать машину — это значит сделать точные расчеты всех ее деталей (а их иногда несколько тысяч), вычертить и размножить огромное количество чертежей. И это еще только на бумаге, а о создании деталей в «металле» мы пока и не говорим!

Конечно, при современном состоянии техники и ее стремительном прогрессе такие темпы не годятся. Теперь над созданием машины трудятся целые конструкторские бюро — КБ. А то и несколько КБ сразу. Например, агрегаты для крупных гидроэлектростанций разрабатывают два главных специализированных конструкторских бюро: одно конструирует турбину, другое — электрический генератор. И при этом они используют множество двигателей, приборов и аппаратов, созданных в других конструкторских бюро.

Все крупные отрасли техники имеют свои специализированные КБ. При этом КБ может быть самостоятельной организацией и обслуживать несколько заводов данной отрасли, а может быть отделом завода и разрабатывать машины только для своего предприятия.

Человек не может быть специалистом сразу во многих областях техники. Поэтому внутри конструкторских бюро тоже существует разделение труда. Над созданием одной машины работают сотни людей различных профессий. Так, конструкторы — специалисты по двигателям разрабатывают двигатели, конструкторы-автоматчики — автоматические устройства, специалисты по приводу конструируют редукторы, коробки скоростей; электрики подбирают электрооборудование и составляют электрические схемы.

Но вся их работа подчинена единой задаче — созданию новой машины, и возглавляет ее *главный конструктор,* который отвечает за всю машину в целом.

В просторных залах КБ рядами расположены большие наклонные доски с чертежными приспособлениями и специальным освещением. В библиотеке собраны тысячи различных справочников, каталогов, таблиц, альбомов и чертежей. В специальных помещениях установлены счетно-решающие машины для расчета наиболее сложных и ответственных узлов и деталей, светокопировальные и фоторепродукционные установки для размножения чертежей. Цехи опытного производства подготовлены для изготовления моделей и образцов новых машин.

Коллектив конструкторского бюро готов к выполнению новых заданий. Но кто же должен выдать эти задания? Кто определит, какую именно машину нужно разрабатывать, каким требованиям она должна отвечать?

Может быть так. Ученые в научно-исследовательских институтах открыли новый способ обработки деталей, например с помощью ультразвука. Нужно спроектировать станки и машины. В этом случае авторы технических требований — ученые, и новая машина будет результатом содружества науки и конструкторской мысли.

Конструкторское бюро.

Или другой случай. Какому-либо заводу понадобилось так изменить станок, чтобы его можно было встроить в единую автоматическую линию. Но приемы и режимы обработки остаются прежними. Или, например, нужно сконструировать электродвигатель иной мощности и размеров, чем уже имеющиеся. Здесь нет необходимости в научных исследованиях, и вся работа ложится на плечи конструкторов. А технические требования составляет завод-заказчик.

В технических требованиях оговорены: назначение новой машины, условия, в которых она будет работать, ее производительность, размеры, масса и т. д. На основе этих требований КБ составляет *техническое задание* на разработку и согласовывает его с заказчиком. Это главный документ для конструкторов. Он определяет цели и задачи их работы. С него и начинается создание новой машины.

Машина обретает контуры

Итак, конструкторское бюро, получив заказ, приступает к проектированию. Прежде всего надо тщательно изучить уже существующие подобные машины, обязательно побывать на заводах, где их делают и где они работают. Это позволит конструкторам избежать промахов и ошибок, выявившихся в процессе эксплуатации машин, полнее учесть опыт и требования рабочих и инженеров-производственников, сделать машину лучше и дешевле.

Не менее важно заглянуть в смежные отрасли техники и посмотреть, нет ли там удачных конструкторских решений, которые можно использовать в своей работе.

Любая машина и технологический процесс, для которого она предназначена, непрерывно совершенствуются. Изобретатели и рационализаторы, работающие на производстве, вносят много различных предложений по усовершенствованию действующих машин. Активно развита творческая мысль рабочих и инженерно-технического персонала на предприятиях СССР и других социалистических государств. Много ценных открытий и изобретений рождается в научно-исследовательских организациях.

Каждое изобретение, сделанное в нашей стране, становится собственностью государства. Его автору выдается «Авторское свидетельство», закрепляющее его приоритет на это изобретение, и выплачивается денежное вознаграждение. Перечни авторских свидетельств и изобретений хранятся в патентных библиотеках и всегда доступны для ознакомления.

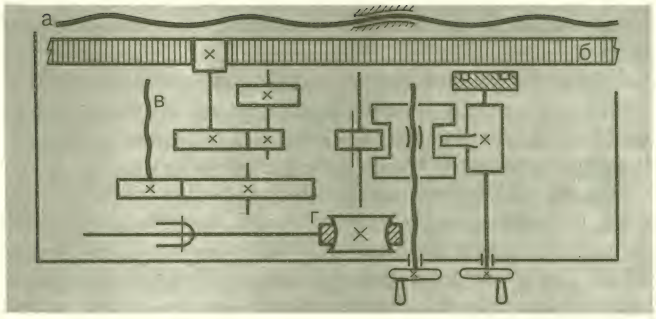
Создавая новую машину, конструктор обязан ознакомиться со всеми имеющимися в этой области изобретениями и рационализаторскими предложениями и все лучшее использовать в конструируемой новой машине.

Но и это еще не все. Страна, в которой сделаны изобретения (а в капиталистических странах фирма, предприятие или непосредственно автор изобретения), может ограничить право использования изобретения другими странами (или фирмами). Для этого, согласно международным соглашениям, она оформляет в установленном порядке *патент*, т. е. документ, удостоверяющий авторство и исключительное право на это изобретение в других странах. Если другая страна захочет использовать изобретение, она обязана купить на это право — *лицензию* — у той страны, которая имеет на него патент.

Использовать запатентованное изобретение без приобретения лицензии нельзя. Поэтому все патенты тщательно учитываются и хранятся в патентной библиотеке, где конструктор проверяет, не применены ли незаконно в его машине запатентованные узлы и решения.

Конечно, каждому государству выгодно иметь такие машины, в которых были бы применены свои оригинальные изобретения. Тогда можно было бы на них оформить патент, а затем продавать другим странам лицензию на право их использования. Добиться этого — значит сделать машину патентоспособной.

Когда материал собран и изучен, появляются первые наброски и эскизы будущей машины, которые пока еще лишь в общих чертах определяют ее устройство.



Кинематическая схема. Так, например, изображаются на кинематических схемах станков ходовой винт *а*, рейка *б*, винт поперечной подачи *в*, четырехзаходный червяк *г*.

Пожалуй, больше всего хлопот доставляет *разработка механизмов машины.* При этом все время надо помнить: чем больше в машине движущихся деталей, тем она сложнее, тем меньше ее надежность, тем больше энергии будет бесполезно затрачиваться двигателем на преодоление трения в опорах и сочленениях. Поэтому разработка механизмов начинается с составления так называемой *кинематической схемы* (кинематика — движение) машины, на которой условными значками обозначены все движущиеся элементы. По схеме рассчитывают траектории и скорости движущихся деталей, определяют возникающие в них усилия, подбирают шкивы, зубчатые колеса, муфты и многое другое. Кинематические схемы составляют в нескольких вариантах и путем сравнения и расчетов выбирают лучшую.

Вот теперь можно приступить к подробной *разработке деталей* машин. Но, оказывается, разрабатывать заново нужно далеко не все детали — многие из них изготовляются различными заводами в большом количестве. Однако может возникнуть вопрос: подойдут ли эти готовые детали к создаваемым машинам?

Стандарты и качество

На многие изделия и детали, изготовляемые промышленностью в массовых количествах, в нашей стране существуют Государственные общесоюзные стандарты (ГОСТ). Это документы, предусматривающие для каждого стандартного изделия совершенно определенные размеры, форму, материал и многие другие характеристики. При этом может «гостироваться» не все изделие, а только его части. Например, форма электрической вилки может быть любой, но длина, толщина штырей и расстояние между ними должны быть выдержаны строго по Государственному стандарту. И тогда любая вилка подойдет к любой штепсельной розетке, любая электрическая лампочка — к любому патрону.

В машиностроении установлены государственные стандарты на профили металла (см. ст. «Металл приобретает форму»), на его химический состав, на подшипники, электрические двигатели, муфты, канаты, трубы и многие другие изделия. Есть также стандарты на резьбовые соединения, зубчатые передачи, электрическое напряжение в сети и т. д. Конструктор не может, например, создать электрическую машину, рассчитанную на напряжение 100 В. Не может он и создать машину на 200 В. Такое напряжение в нашей стране не применяется. Поэтому конструктор, создавая новую машину, обязан сделать ее на стандартное напряжение — 110, 127, 220 или 380 В.

Есть еще отраслевые стандарты — ОСТы. Они составляются на изделия, применяемые только в определенной отрасли.

Но и это еще не все.

Каждый машиностроительный завод или группа заводов какой-либо отрасли промышленности имеет свои *стандарты* и *нормали*. Это технические документы, предписывающие применение только определенных профилей металла, размеров штампов, способов обработки. Они устанавливают и размеры крепежных деталей: гаек, болтов, шайб и т. д. И когда конструктор разрабатывает машину, он обязан придерживаться тех стандартов и нормалей, которые приняты на заводах-изготовителях. Чем больше будет в новой машине стандартных приборов, аппаратов и деталей, тем проще машина в изготовлении и надежнее в эксплуатации. Ведь такие детали выпускаются в большом количестве, и, следовательно, они дешевле, их можно легко достать и в случае повреждения заменить.

Государственные и отраслевые стандарты имеют большое значение не только потому, что они определяют «одинаковость» изделий в том или ином отношении. В них записаны еще и основные технические данные изделий, обязательные виды и способы их испытания и проверки.

Завод-изготовитель обязан все это строго соблюдать и не имеет права выпускать изделия с отступлением от ГОСТа или ОСТа. Поэтому ГОСТы и ОСТы можно назвать стражами технического уровня и качества изделий.

На изделия, которые выпускаются в небольшом количестве, не разрабатывают стандартов. Вместо них заводы составляют *технические условия,* которые также определяют все показатели изделия и строго соблюдаются изготовителями.

В тех случаях, когда государственные стандарты охватывают сразу группу машин одного назначения, на каждый отдельный вид машины для уточнения стандарта также составляются отдельные технические условия.

Взаимозаменяемость и допуск

Однако новую машину невозможно создать только из стандартных изделий и деталей. Многие узлы и детали нужно конструировать заново. Но и в этом случае конструктор обязан придерживаться определенных требований. Прежде всего требование *взаимозаменяемости* деталей. Это значит, что детали от одной машины должны свободно подходить к другим машинам того же типа. Например, все детали к велосипеду «Орленок» должны подходить к любому велосипеду этой марки. Это достигается, с одной стороны, путем использования уже известных нам стандартных или нормализованных размеров соединений, а с другой — применением системы *допусков*.

Что это значит?

Возьмем, например, валик, который должен входить в отверстие втулки. Конструктор при расчетах указывает для валика и для отверстия втулки одинаковый, так называемый *номинальный диаметр*. Но при изготовлении деталей выдержать этот размер абсолютно точно не удается. В результате не каждый валик войдет в каждое отверстие, и детали окажутся невзаимозаменяемыми.

Чтобы этого не случилось, конструктор в чертежах на сопряженные детали должен указать *допуск*, т. е. допустимые отступления от размеров. Валик можно выточить точно по размеру или немного меньше, а отверстие — точно по размеру или чуть больше. И если допуски будут выдержаны, детали окажутся взаимозаменяемыми — любой валик войдет в любое отверстие. Правильно применяя систему допусков, можно добиться взаимозаменяемости сложных деталей и целых узлов машины.

Допуски на размеры деталей в машиностроении имеют очень большой диапазон. Допустим, корпус большого редуктора не сопрягается ни с какими другими деталями — он имеет свободные размеры, при которых допуск не нормируется. Но расстояния между центрами отверстий в стенках того же корпуса, в которые при сборке вставляются подшипники валов, уже должны выдерживаться весьма точно, так как от этого зависит качество зацепления зубчатых колес редуктора. Во многих сложных и ответственных механизмах, в которых точность сопряжения деталей имеет большое значение для его работы и надежности, допуски бывают очень жесткими — до 1—3 мкм, т. е. до нескольких тысячных долей миллиметра.

Чем меньше допуск, тем тщательнее должна быть обработана деталь, тем больше требуется труда для ее изготовления и тем она дороже. Поэтому выбор необходимых и достаточных допусков — задача сложная и ответственная.

Унификация деталей и типизация машин

Каждой отрасли народного хозяйства нужно много различных машин. Количество видов машин непрерывно возрастает. А каждый новый вид машины требует времени и средств на его разработку и изготовление. Нельзя ли каким-нибудь способом сократить эти затраты?

Мы только что говорили о взаимозаменяемости деталей одинаковых машин. Но ведь можно и в разных машинах использовать одинаковые детали и даже целые узлы. Скажем, для ряда близких по конструкции металлорежущих станков применить одинаковые коробки передач, ходовые винты, зажимы, штурвалы, рукоятки, программирующие устройства и т. п. Такие узлы и детали называются *унифицированными*.

Теперь представьте себе цех завода, в котором установлено 10 токарных и 10 фрезерных станков. И вот этому цеху поручили работу, при которой заняты все 10 токарных станков и только 5 фрезерных. Через полгода пришел новый заказ. Теперь оказались полностью загруженными 10 фрезерных и 5 токарных станков. Ясно, что такое использование станочного парка невыгодно. Как же быть?

Здесь на помощь приходит *типизация* машин. Это значит, что конструктор, разрабатывая машину, предназначает ее для выполнения не одного вида работ, а нескольких. Для этого он создает *сменные типовые узлы-агрегаты*. Например, агрегатный металлообрабатывающий станок имеет несколько сменных агрегатов: токарный, сверлильный, фрезерный, шлифовальный. Таким образом, достаточно сменить агрегат — и цех как бы получит новый станок. А в сельском хозяйстве находят широкое применение самоходные шасси, позволяющие по мере необходимости навешивать различные сельскохозяйственные

На изделия, изготовляемые промышленностью в массовых количествах, существует Государственный общесоюзный стандарт (ГОСТ). Он предусматривает для каждого стандартного изделия определенные размеры, форму, материал и многие другие характеристики.

орудия. Это тоже пример агрегатной машины. То же самое можно сказать о некоторых видах экскаваторов, которые путем замены рабочих органов или ходовой части можно подготовить к выполнению различной работы.

Из чего делают машины

Можно смело сказать: нет ни одной машины, изготовленной из какого-нибудь одного материала. И чем сложнее машина, тем больше различных материалов используется для изготовления ее деталей. Какой материал выбрать для деталей? Этот вопрос конструктор должен решить, исходя прежде всего из ее назначения и условий, в которых ей придется работать.

Возьмем, к примеру, какой-либо металлорежущий станок. Его станину надо сделать тяжелой и монолитной, чтобы станок был устойчивым и не вибрировал при работе. Ее обычно изготовляют из чугуна. Но чугун — хрупкий металл и не выдерживает ударных нагрузок, поэтому все движущиеся части (валы, шестерни, шпиндели, суппорт и т. д.) делают из стали. Для очень ответственных деталей, подвергающихся большим нагрузкам, используют специальные легированные стали высокой прочности и износоустойчивости.

Зато для насосов, предназначенных для перекачки каких-либо химических растворов или кислот, эти материалы непригодны: они подвержены коррозии. В этом случае надо использовать нержавеющую или кислотоупорную сталь, фарфор или пластические массы.

Вы конструируете электрическую машину, например трансформатор. Какие вам нужны материалы? Для сердечника — трансформаторная сталь с особыми магнитными свойствами, а для электрических обмоток — медь, хорошо проводящая электрический ток.

Самолет должен быть по возможности легким, но в то же время и прочным. Если взять один из самых легких металлов — алюминий, будет решена только первая задача. Поэтому применяют алюминиевые или магниевые сплавы: их прочность в 8 раз выше, чем у чистого алюминия. А вот для обшивки космического корабля и эти материалы непригодны: они не выдерживают высоких температур. Здесь на помощь приходят титановые сплавы.

Глубоко под землей работает турбобур (см. ст. «Добыча нефти и газа»). Его долото, вращаясь, сокрушает породу. Но и само изнашивается. Чтобы сменить долото, приходится вынимать из скважины всю «цепочку» труб, длина которой достигает 3—5 км. Ясно, что быстроизнашивающееся долото здесь не годится. Поэтому при его изготовлении используют сверхтвердые сплавы или алмазы.

Условия взаимной работы деталей тоже влияют на выбор материала. Нельзя сделать и вал и вкладыши подшипника скольжения (см. ст. «Опоры») из стали. Такой подшипник не будет работать: сталь по стали «не скользит». Надо изготовить вал из стали, а вкладыши подшипника — из бронзы или из специального сплава — баббита. А если для смазки вместо масла применяется вода, вкладыши подшипника надо сделать из пластмассы.

Машина должна быть еще и *технологичной*, т. е. удобной для изготовления (см. ст. «Что такое технология»). Это тоже связано с выбором материалов. Возьмем, например, корпус редуктора. Его можно сделать и из чугуна, и из стали. На чем же остановиться? Выбор делает технология — попробуйте выточить из целого куска стали деталь такой сложной конфигурации. Сколько потребуется труда, различных станков, сколько лишнего металла будет превращено в стружку! Такую деталь надо отливать из чугуна — просто, удобно и почти никаких отходов.

При выборе материала конструктор обязан постоянно думать о *стоимости* машины. Прежде чем окончательно принять решение, он должен несколько раз проверить: а нет ли более дешевого материала с требуемыми свойствами?

Сейчас у конструкторов очень широкий выбор материалов. Все чаще и чаще они обращаются к пластмассам. Это не случайно: сейчас созданы пластмас-

сы, которые и прочнее, и легче, и дешевле стали. Кроме того, они обладают такими качествами, которых нет у металлов, например прозрачностью, устойчивостью против коррозии. А самое главное — пластмассы очень легко обрабатывать. Нагреванием и давлением из них можно получать детали любой формы, не требующие последующей обработки.

Пользуются конструкторы-машиностроители и железобетоном, который применялся раньше только в строительстве. А теперь из него делают станины для тяжелых станков.

Итак, различные материалы начинают теснить металлы. Но металлурги не сдаются. Они создают новые способы изготовления деталей. Один из интереснейших — прессование деталей из металлических порошков (см. ст. «Порошковая металлургия»). Этот способ позволил конструкторам проектировать детали сложнейшей конфигурации из различных материалов и сплавов.

При выборе материалов конструктор не должен забывать и о тех возможностях, которые дает ему применение тех или иных способов металлопокрытий и термической обработки (см. ст. «Защита металла»). Например, закалка концов вала повысит его прочность и износоустойчивость; хромирование, никелирование, кадмирование и другие покрытия позволят защитить деталь от коррозии, сделать ее красивой и прочной.

Надежность и долговечность

Надежность машины складывается из двух основных моментов: *прочности конструкции* и *четкости работы механизмов*. Казалось бы, выбирая наиболее прочные материалы, увеличивая размеры деталей, конструктор может создать «сверхпрочную» машину, которая выдержит любую нагрузку. Но такое решение будет неверным. Оно приведет к излишней затрате материалов и труда на их обработку, к увеличению массы и габаритов машины. Может случиться и так, что «сверхпрочная» машина окажется неуклюжей и непригодной к работе. Значит, к вопросу прочности надо подходить более разумно. Безусловно, все детали машины должны быть рассчитаны на ту нагрузку, которую им придется выдерживать при работе, но наиболее ответственные из них должны иметь определенный *запас прочности*. И размер этого запаса определяется прежде всего назначением детали и последствиями в случае ее поломки.

Возьмем для примера обыкновенный стальной трос. С его помощью раздвигают занавес перед экраном в кинотеатрах, поднимают грузы на подъемных кранах, людей в кабинах лифтов и т. д. Что произойдет, если оборвется трос занавеса? Ничего особенного — занавес раздвинут вручную. При обрыве троса подъемного крана упадет груз, и это может причинить серьезный ущерб. И уж совсем недопустимо, чтобы оборвался трос пассажирского лифта. Бывает, что в кабину лифта заходит пассажиров больше, чем положено. Поэтому, конструируя пассажирский лифт, конструктор обязан применять тросы, способные выдержать нагрузку в пять раз больше расчетной. Иными словами, конструктор должен в данном случае предусмотреть пятикратный запас прочности.

Значительно труднее обеспечить четкость работы всех механизмов машины. И эта трудность тем больше, чем сложнее машина. Следовательно, конструктор должен стремиться к простоте кинематической и электрической схем машины. Чем меньше движущихся и трущихся деталей, чем меньше подвижных электрических контактов, тем легче обеспечить их четкую работу.

Подчас работа всей машины зависит от исправности не очень важных на первый взгляд ее деталей. Если, скажем, засорится фильтр бензопровода в автомобиле, то двигатель заглохнет и машина постепенно остановится. А если прекратится подача топлива или смазки в двигателях большого скоростного самолета — это грозит катастрофой. Следовательно, конструктор должен оценить значение каждого узла и последствия его повреждения и, если надо, предусмотреть установку резервных устройств (см. ст. «Машины нашего неба»). Кроме того, необходимо предусмотреть соответствующие контрольно-измерительные приборы и устройства, своевременно сигнализирующие о возникших ненормальностях в работе машины.

Надо учесть также, что в каждой машине есть группа деталей, которые изнашиваются быстрее других. Следовательно, один из способов поддержания надежности — своевременная замена быстроизнашивающихся деталей и целых узлов. И конструктор, создавая машину, должен определить время надежной работы таких деталей и узлов и предусмотреть возможности быстрой и легкой их замены без существенной разборки машины. В ряде случаев такая замена производится задолго до износа механизма. Так, авиационные двигатели снимают с самолетов после определенного времени их работы, даже если они в хорошем состоянии. А на судах и наземных машинах эти двигатели продолжают работать еще длительное время.

Применяя в новой машине узлы и детали, уже выпускаемые промышленностью, конструктор обязан выбирать такие, которые не снизили бы надежности новой машины в целом.

Стремясь к повышению надежности, нельзя забывать, что это неизбежно ведет к увеличению стоимости будущей машины. И здесь экономические расчеты и обоснования играют не последнюю роль. И только в том случае, если от надежности машины зависит здоровье и жизнь людей, вопросы стоимости отступают на второй план.

Но не все зависит только от конструкторского бюро. Не меньшую роль играет и высокое качество материалов, строгое соблюдение чертежей и технологии при изготовлении деталей и их сборке, качество отделки и общая культура производства. Каждому виду машин, выпускаемому заводом, присваивают определенную группу качества. Лучшим машинам, при изготовлении которых соблюдались все правила технологии, присваивается «Знак качества».

Итак, все предусмотрено для того, чтобы машина была надежной. Но как долго она будет такой? Как измерить «долговечность» машины?

Она определяется производственными возможностями машины до ее капитального ремонта — ресурсом машины. Для разных машин приходится применять различные единицы измерения ресурса — часы работы, километры пройденного пути, количество обработанного материала или рабочих операций и т. д. Чем больше ресурс, тем долговечнее машина.

Известно, что автомобиль «Волга» может пройти до капитального ремонта значительно больший путь, чем «Запорожец», но известно также, что «Волга» стоит дороже «Запорожца».

Определяя ресурс будущей машины, надо учесть ее назначение, роль в работе других машин, цеха или завода в целом, подсчитать, что выгоднее — изготовление дорогих, но долговечных машин, или затраты на ремонт более дешевых машин, или даже более быстрая их замена.

Представьте, что конструкторское бюро и завод создали очень долговечную машину. Но вот прошло всего несколько лет, и уже созданы другие, более совершенные машины, которые выполняют эту же работу быстрее, лучше, тратят меньше сырья и энергии, занимают меньше места...

И наша машина оказалась устаревшей, невыгодной. Придется ее менять несмотря на то, что она могла бы еще работать длительное время. И выходит, что весь труд и средства, которые были вложены в создание долговечной машины, оказались напрасными.

Чтобы этого не происходило, современный конструктор должен очень внимательно следить за темпами и направлениями в развитии науки и техники, уметь заглядывать в будущее своей отрасли и правильно определять целесообразный «срок жизни» создаваемой им машины.

Техника безопасности

Рабочий подает в штамп быстроходного пресса заготовки металла, а пресс превращает их в готовые детали. А если рабочий замешкается и не успеет отнять руку?

Охрана здоровья и *техника безопасности* — один из главных законов советского производства. Поэтому каждая машина должна быть не только надежной в работе, но и исключать возможность несчастного случая. В нашем примере на прессе должно быть сделано приспособление, которое исключало бы рабочий ход пресса до тех пор, пока рабочий не убрал руки из опасной зоны. Это может быть выполнено путем установки фотоэлемента, контролирующего опасную зону, или каким-либо другим способом, но обязательно выполнено.

Конструктор обязан тщательно изучить процесс обслуживания машины на производстве и создать необходимые устройства, предотвращающие какую-либо опасность для рабочего.

Очень вредно сказываются на здоровье рабочих и приводят к быстрой утомляемости повышенный шум машин и их вибрация при работе. Следовательно, всемерное снижение шума и вибрации машины также одна из серьезных задач конструктора.

Машины становятся мощнее, быстроходнее, производительнее. Их обслуживание требует от рабочего непрерывного внимания и большого напряжения. И если физическая нагрузка рабочего в наши дни уменьшается, то его психологическая нагрузка увеличивается. Поэтому инженерам и конструкторам необходимо подумать о том, как уменьшить и эту нагрузку. Высокая культура производства, научная организация труда, *техническая эстетика* — вот то, о чем конструктор не должен забывать ни на минуту.

Красивые, радующие глаз формы машины, ее окраска в приятные, не раздражающие цвета, удобное расположение элементов управления и наблюдения за работой машин, продуманная организация рабочего места, исключающая лишние движения и

На испытательном полигоне. Испытание автомобиля на устойчивость.

неудобные позы при работе,— все это не только облегчает труд рабочего, но и делает его более производительным.

Научно-технический прогресс, охвативший в наше время все отрасли промышленного производства, поставил перед создателями машин еще один важный вопрос: если и дальше так быстро будет увеличиваться скорость работы и производительность машин, то сможет ли человек вообще ими управлять? Не создаст ли это недопустимой психологической нагрузки для человека?

Ответ на этот технический и в то же время социальный вопрос можно, видимо, дать положительный. Человек сможет управлять машинами, цехами и целыми заводами, используя электронные вычислительные машины и автоматизированные системы управления производством (так называемые АСУП), но об этом вы прочитаете в статьях раздела «Автоматика и кибернетика».

КБ сдает заказ

Таким образом, правильное конструктивное решение всех деталей определяет в конечном счете надежность всей машины. Ни высокое качество материала, ни отличная обработка не смогут впоследствии сделать деталь хорошей, если она плохо сконструирована.

Чтобы найти правильное конструктивное решение своего замысла, конструктор должен не только хорошо знать свое дело и иметь большой опыт, но и обладать очень важным для его профессии качеством — конструкторским воображением. Без него конструктор не творец, а ремесленник, только повторяющий то, что уже сделано другими. Он не сможет сделать ценный вклад в развитие техники.

Удачное и оригинальное конструктивное решение приходит не сразу. Потребуется много дней, а может быть, и ночей напряженного умственного труда; понадобятся консультации с другими конструкторами, учеными, производственниками; придется не раз съездить на предприятия, провести не один опыт, исчертить десятки листов бумаги, прежде чем будет найдена интересная конструкция какого-либо узла. Но хороша ли она?

На помощь приходят экспериментальные цехи и лаборатории. Там по эскизам изготовляют макет узла и детали и тщательно проверяют правильность расчетов и решений конструктора.

Наконец все разработано. Эскизы превратились сначала в технический проект, а затем в подробные чертежи. По ним будут изготовлены один или несколько опытных образцов машины. При этом будущая машина продолжает совершенствоваться. По мере изготовления опытного образца всегда обнаруживаются недочеты в конструировании, ошибки в чертежах. Появляется желание что-нибудь изменить и улучшить.

И вот опытный образец готов. Ему предстоит «тяжелая жизнь». На нем будут проверять, соответствует ли машина техническому заданию, оправдает ли она надежды конструкторов и заказчиков. Если это станок, на нем будут обрабатывать всевозможные детали с различными и самыми тяжелыми режимами резания. Если это автомобиль, ему придется пройти не одну тысячу километров по бездорожью, преодолевая крутые подъемы и спуски. Если это самолет, то опытная рука летчика-испытателя заставит его делать в воздухе головокружительные фигуры, летать в дождь и туман, взлетать с различных аэродромов. При этом у испытателей и у конструкторов всегда найдутся замечания к машине или к ее отдельным узлам и деталям, предложения, как сделать ее еще лучше.

Наконец, все выявленные дефекты устранены. В чертежи внесены уточнения, их размножили и подготовили для передачи заводам, где будут изготавливать новые машины.

Большой труд по проектированию новой машины завершен. Теперь заводы, которые будут изготовлять машину, обязаны точно воспроизвести то, что разработали конструкторы.

Мы только что убедились в том, что при создании современных машин конструкторам приходится об-

щаться со многими конструкторскими бюро, пользоваться их технической документацией.

И если все будут «чертить» и «писать» по-разному — создать машину будет невозможно.

Следовательно, вся техническая документация должна быть одинаковой и понятной всем участникам работы.

Для этого в нашей стране введена Единая система конструкторской документации — ЕСКД.

ЕСКД — это комплекс Государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями Советского Союза.

Большую долю в этом комплексе занимают стандарты, определяющие правила изготовления чертежей.

Чертеж — язык техники

Почему же инженерам и техникам понадобился специальный язык чертежей, почему они не смогли обойтись обычными рисунками?

Вот на рисунке автобус. Он изображен так, как его увидел художник. Но изготовить его по такому рисунку невозможно. Мы не знаем истинных размеров кузова, колес, окон и дверей. Измерить их на рисунке нельзя: линии кузова потеряли на нем параллельность, а его размеры уменьшаются по мере удаления от наблюдателя. На рисунке не видно рамы, двигателя и других механизмов, не видно внутреннего устройства салона и кабины водителя.

Следовательно, чтобы изготовить машину, нужен другой рисунок, составленный с соблюдением определенных законов и правил. На нем должны быть видны действительные размеры деталей, их взаимное расположение; должно быть указано, из чего они сделаны и как обработаны. Вот такой рисунок и называется чертежом.

Для изображения какого-либо предмета на чертеже пользуются определенными приемами, называемыми *проектированием предмета на плоскости*. А полученное изображение называют *проекцией* предмета. Самый простой пример проекции — это тень предмета, получаемая при его освещении. Но размеры и конфигурация тени будут соответствовать истинным размерам предмета только в том случае, если лучи света строго параллельны и падают на плоскость проекции точно под прямым углом. Такая проекция называется *прямоугольной* или ортогональной. Это основа для составления чертежей.

Чтобы инженеры всех стран мира делали чертежи одинаково, установлен единый способ проектирования предметов и определенное расположение проекций на чертежах.

Возьмите тетрадку, разверните ее так, чтобы получился прямой угол, и поставьте на чистый лист бумаги. У вас получился угол, образуемый тремя взаимно перпендикулярными плоскостями. Поместите на этот угол любой предмет и изобразите его методом прямоугольной проекции на каждой из трех сторон угла. Теперь разверните тетрадь и положите ее на стол. Все три стороны угла оказались совмещенными в одной плоскости. Это и есть чертеж предмета в прямоугольной проекции. На нашем рисунке, как вы видите, в прямоугольной проекции изображена обычная чайная кружка.

Нас интересует не только внешний вид предмета, но и его внутреннее устройство. А чтобы изобразить на чертеже элементы внутреннего устройства предмета, нужно знать правила и законы начертательной геометрии.

Мало того, многие предметы различной формы проектируются одинаково на одну, а иногда и на две плоскости проекции. Следовательно, нужно уметь правильно выбрать число проекций, чтобы легко отличить один предмет от другого. Для очень сложных предметов приходится чертить 6 проекций. Но иногда и по 6 проекциям трудно представить себе общий вид предмета. Тогда прибегают к условному объемному рисунку предмета — так называемой *аксонометрической* проекции.

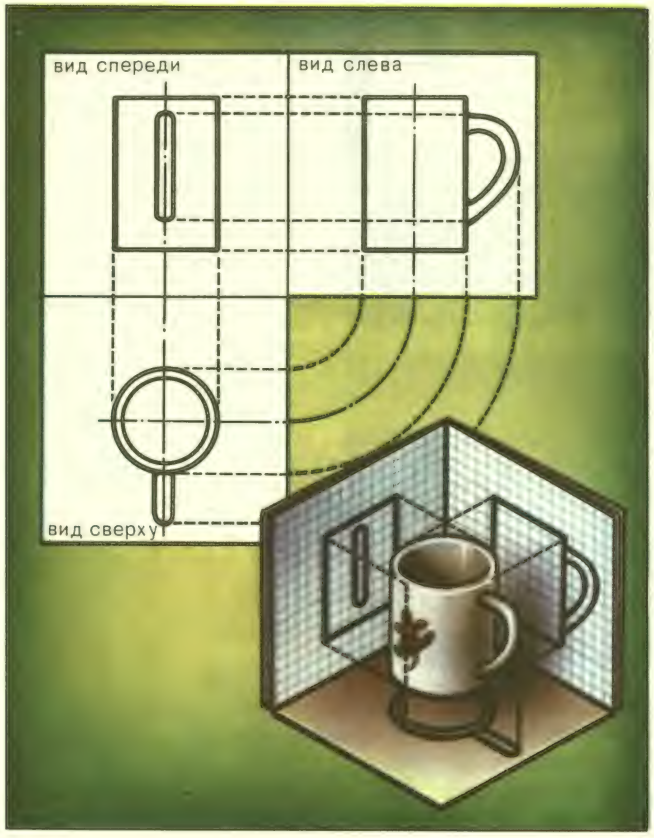
Очень большое значение имеют различные вспомогательные линии, которые в ряде случаев позволяют понять чертеж без дополнительных проекций. Например, на проекциях тел вращения (шар, цилиндр, конус и т. д.) и отверстий всегда наносят *осевые* линии.

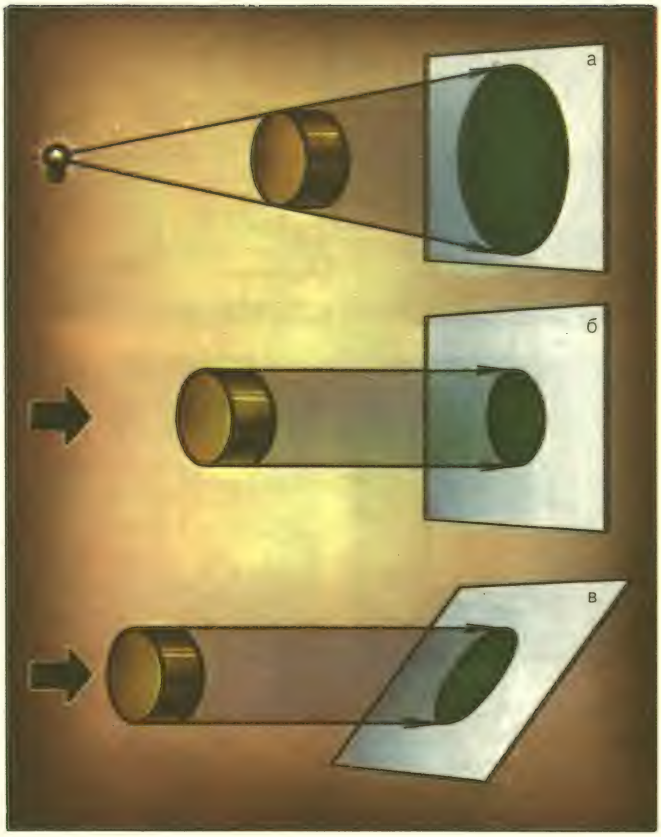
Не меньшую роль играют *штриховые* линии, обозначающие на чертеже невидимые с данной стороны элементы детали (отверстия, выступы, фаски). Но иногда не помогают ни осевые, ни штриховые линии. Тогда приходится делать *разрезы, сечения, вырывы* и *обрывы,* которые дают возможность более

По рисунку построить автобус нельзя. Нужны его чертежи.

Слева внизу: изображение предмета в прямоугольной проекции.

Виды проекций: центральная проекция *а*, прямоугольная проекция *б*, косоугольная проекция *в*. Только при прямоугольной проекции размеры и конфигурация тени будут соответствовать истинным размерам предмета.





подробно и точно изобразить устройство детали, узла или целого механизма.

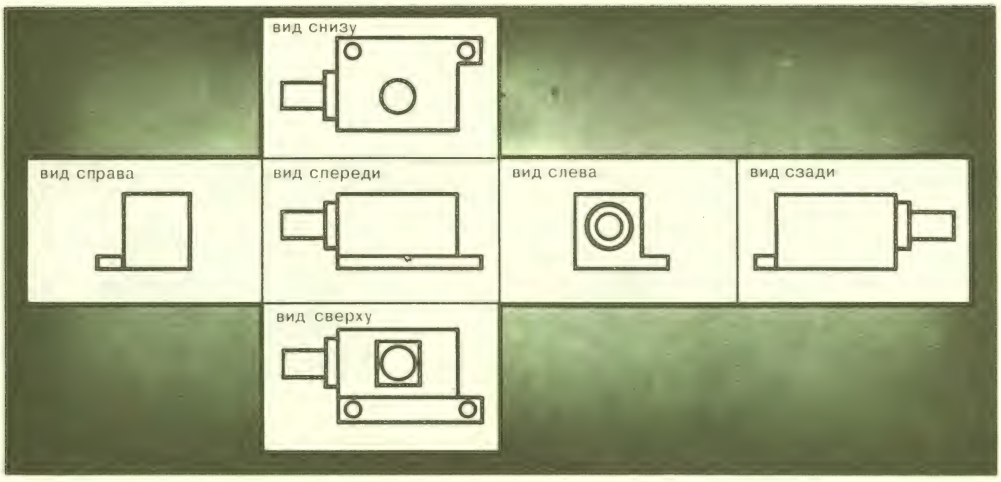
Сечения и разрезы штрихуются тонкими косыми линиями.

Деталь не всегда можно изобразить в натуральную величину. Чаще приходится ее уменьшать или увеличивать, указав масштаб изображения на чертеже. Например, масштаб 1 : 1 означает, что деталь изображена в натуральную величину, 1 : 2 — уменьшена в 2 раза, а 5 : 1 — увеличена в 5 раз.

Чтобы не загромождать чертеж лишними линиями, в некоторых случаях прибегают к упрощенным изображениям. Надо, скажем, сделать чертеж болта или какой-либо детали, имеющей резьбу. Изобразить точно проекцию сложной винтовой линии резьбы очень трудно, да и не нужно. Ведь резьба нарезается при помощи специального инструмента, который сам придает ей необходимый профиль и размеры. Поэтому на чертеже только отмечают участок, на котором должна быть резьба, и ставят условный знак. Например: «М8». Это означает, что на детали надо нарезать метрическую резьбу с наружным диаметром 8 мм. Условные обозначения имеются также для зубчатых и червячных колес, пружин, ходовых винтов, подшипников качения и других деталей. Рядом с упрощенным изображением такой детали обязательно дается таблица с указанием ее точных параметров и требований к изготовлению.

Когда вычерчены все необходимые проекции детали, разрезы и сечения, надо поставить на них ее требуемые размеры.

Ведь от точности изготовления деталей, особенно сопрягающихся друг с другом, зависит качество машины.



Многие предметы трудно представить себе по изображению в одной проекции, так как их чертежи на этой проекции выглядят одинаково. Поэтому, например, для цилиндра, конуса и шара (*1*) кроме горизонтальной нужна еще и вертикальная проекция. Для других предметов (*2*), изображения которых в вертикальной проекции выглядят одинаково, нужна и горизонтальная проекция. Для изображения тел вращения (*3*) на проекции применяют осевые линии (*а*). А иногда для уточнения формы предмета на чертежи наносят штриховые линии невидимого контура (*б*).

Для изображения сложного предмета иногда чертят 5—6 прямоугольных проекций, дополняя чертежи проекцией, которая может лучше, нагляднее передать форму предмета: диметрической *а*, кабинетной *б* или изометрической *в*.

Одни и те же детали могут «подходить» друг к другу по-разному. Возьмем простой пример. Надетое на ось колесо может качаться на ней, свободно вращаться или туго проворачиваться. Можно «посадить» на ось предварительно нагретое колесо — тогда после остывания повернуть его на оси будет невозможно. Все это зависит от того, какие размеры, *допуски* и *посадки* зададим мы на чертежах.

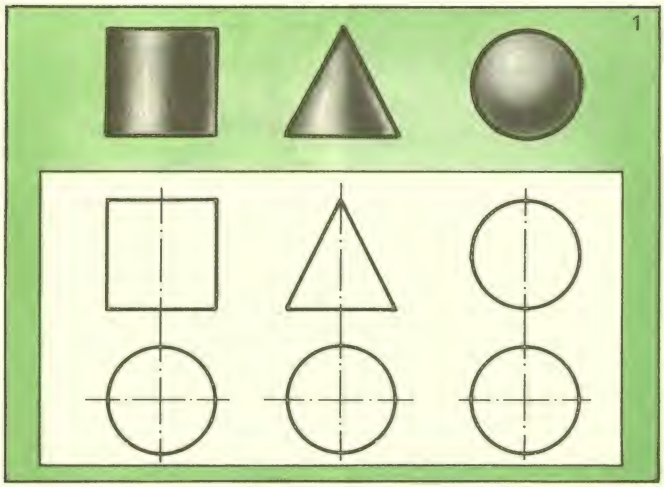
Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах цифрами или условными обозначениями согласно стандартам на допуски и посадки. Например, надпись «$20 \pm 0{,}5$» означает, что у изготовленных деталей этот размер должен быть не больше 20,5 мм и не меньше 19,5 мм.

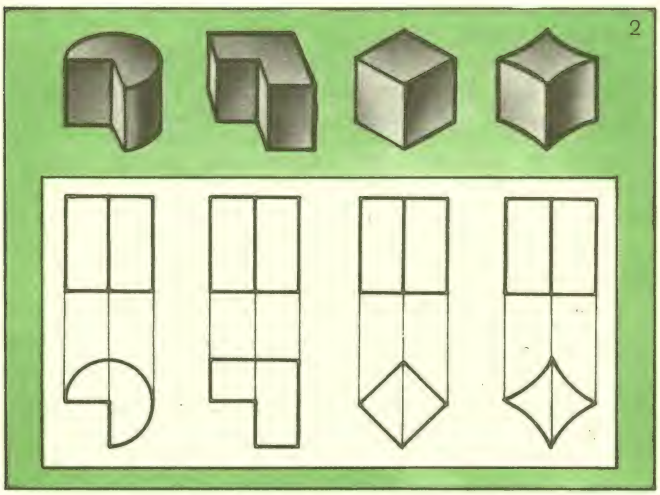
Но, давая только линейные размеры деталей, трудно рассчитывать, что она будет изготовлена точно нужной формы. В самом деле, мы задали, например, диаметр и высоту цилиндра. Однако при обработке поверхности «цилиндричность» формы может быть несколько нарушена: может быть не выдержана, скажем, перпендикулярность осей отверстий и т. д. Предельные отклонения в форме деталей и расположении плоскостей указываются в чертежах особыми знаками. Например, надпись «$||0{,}1$» означает, что непараллельность двух поверхностей деталей не должна превышать 0,1 мм.

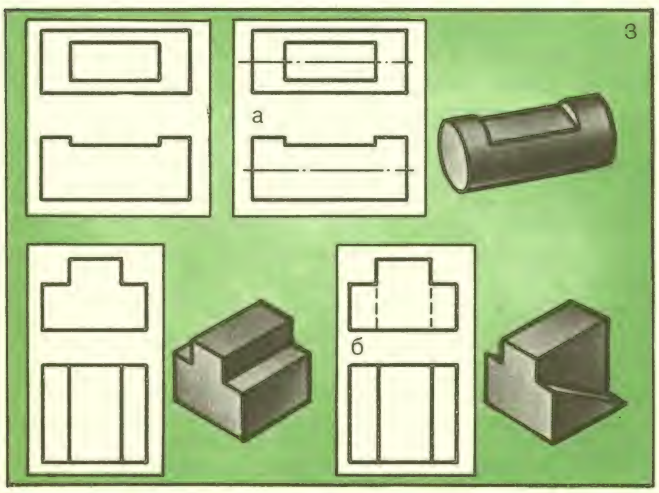
Но и это еще не все. Точность сопряжения деталей зависит также и от характера их обработки, а обработать деталь можно по-разному. Можно проточить ее резцом, который оставит бороздки, легко ощутимые рукой. А можно отполировать так, что она будет блестеть как зеркало. Качество обработки поверхностей указывают на чертежах специальными обозначениями. Например, надпись «∇ 6» означает поверхность 6-го класса чистоты по Государственному стандарту.

И наконец, в таблице на чертеже детали указывается материал, из которого она должна быть изготовлена. Например, обозначение «сталь 45» означает, что деталь надо изготовить из конструкционной стали, содержащей около 0,45 % углерода.

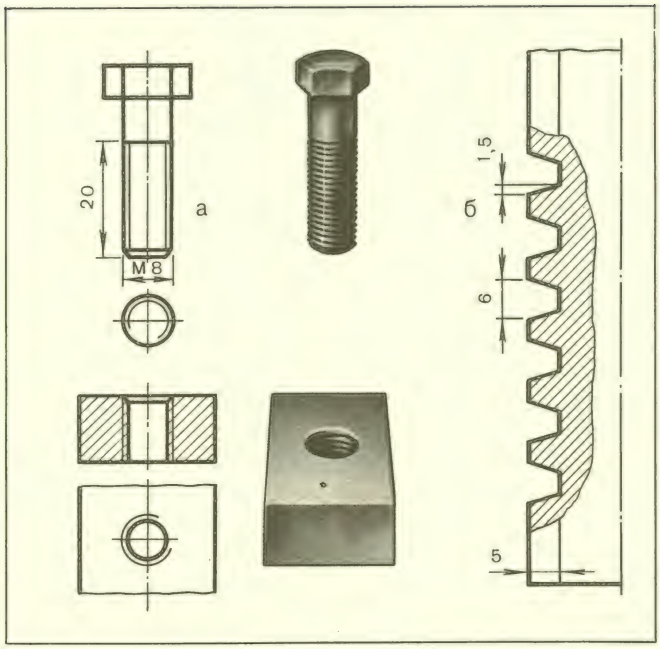
Как видите, современный чертеж детали представляет собой ее подробнейшую характеристику: он передает точную форму детали, указывает на то, как и из чего она должна быть сделана и как обработана.

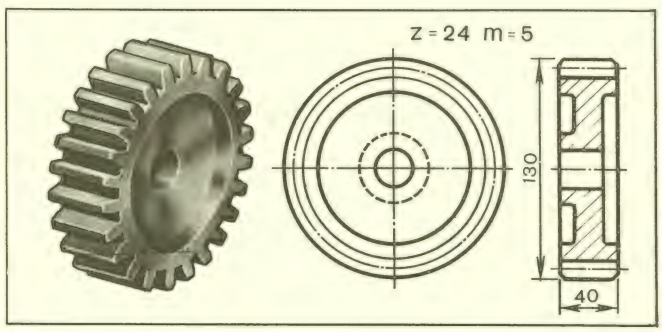






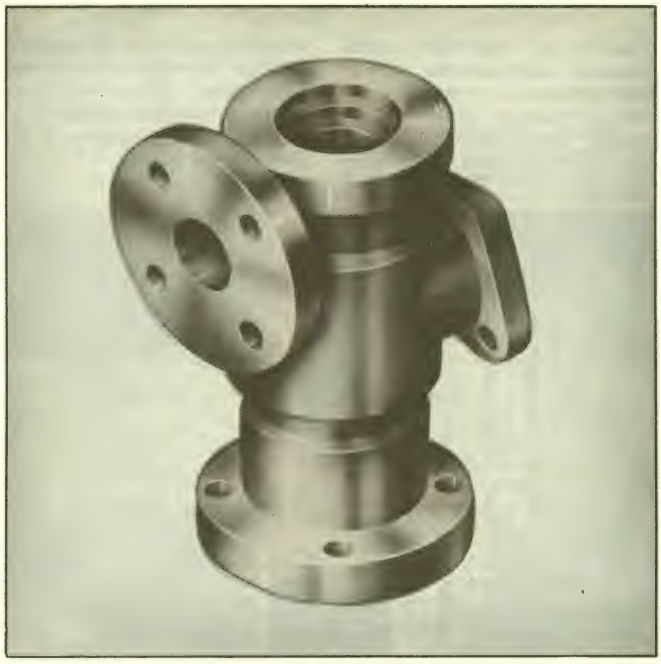
Резьбу на чертежах изображают сплошными тонкими линиями и ставят ее обозначение *а*. Для обозначения специальной резьбы на чертеже детали делают вырыв и дают ее размеры *б*. *Внизу:* на чертежах зубчатых колес достаточно указать наружный диаметр колеса, число зубьев и модуль зацепления.

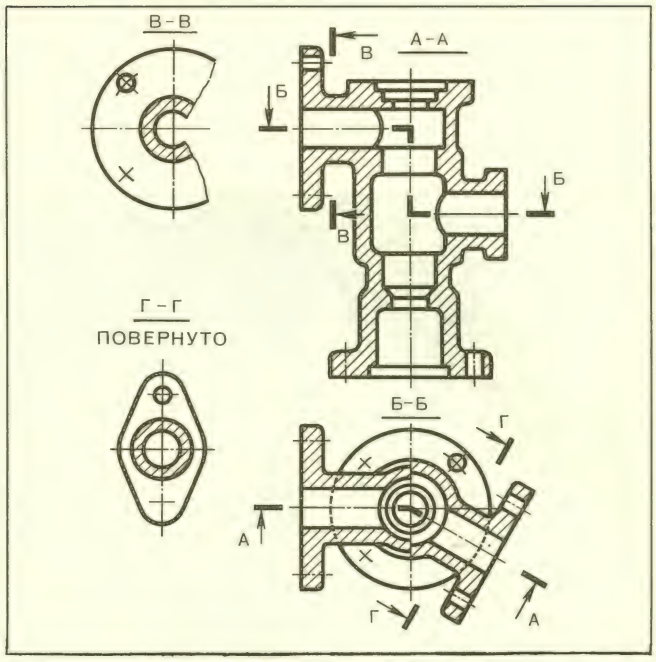




Но вот детали готовы. Теперь из них предстоит собрать отдельные узлы, а затем и машины в целом. Для этого нужны другие чертежи — *сборочные,* дающие представление о взаиморасположении деталей и их связи. Для удобства пользования сборочными чертежами в них помещают *спецификацию* — перечень всех деталей, входящих в собираемый узел. В спецификации указывается количество деталей, их шифры, номера чертежей, по которым они изготовлены, условия сборки, необходимый инструмент и многое другое. В комплекте сборочных чертежей должен быть также общий вид полностью собранной машины — без этого сборщику трудно работать.

Мы привели здесь только основные понятия о составлении чертежей. Стандарты ЕСКД дают более полное и точное указание по их выполнению.





В стандартах указано, какие должны быть виды чертежей, форматы листов, масштабы изображений, толщина линий, виды и размеры шрифтов для надписей. Установлены правила выполнения разрезов и сечений, нанесения размеров, изображения крепежных деталей, пружин, зубчатых колес, элементов электрических схем и т. д.

И если чертежи выполнены с соблюдением этих стандартов, они будут понятны всем участникам работы по созданию и изготовлению машин.

Что такое технология

Прежде чем приступать к изготовлению новой машины, надо знать, как это сделать. Каким способом лучше и выгоднее изготовить детали и собрать из них машины? Ответ на этот вопрос дадут заводские технологи.

Слово «технология» произошло от двух греческих слов: «техно» — мастерство и «логос» — наука, т. е. технология — это наука о мастерстве. В современном понимании технология машиностроения — это наука о производственных способах обработки материалов, об изготовлении деталей и машин. Например, технология обработки металлов резанием изучает и разрабатывает способы обработки металлов на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, сверлильных и др.). На этих станках куски металла — заготовки приобретают заданные формы и превращаются в нужные нам детали. Технология литейного производства — это способы отливки деталей из расплавленного металла (литье в землю, в кокиль, литье под давлением и т. д.). Технология термической обработки занимается вопросами обработки металлов путем нагрева и охлаждения (закалка, обжиг), при которой форма изделия не изменяется, а изменяются физические свойства материала (прочность, твердость, упругость). Как мы увидим дальше, и собирать машину можно различными способами, по различной технологии.

Первый вопрос, который технологи, ознакомившись с чертежами новой машины, зададут своим заказчикам: сколько машин в год надо изготовлять? Оказывается, количество выпускаемых машин, деталей — это основное и главное, что надо знать, чтобы выбрать наиболее выгодную и правильную технологию производства.

В самом деле, возьмем простейшие примеры. Изготовить несколько болтов можно на обычном токарном станке. Ну а если таких болтов нужно тысячи, сотни тысяч штук? Тогда изготовление их на простых токарных станках потребует много времени, труда и будет очень невыгодно. Лучше применить специальные станки-автоматы. Дело пойдет быстрее. Но при такой технологии очень много металла уйдет в стружку — это тоже плохо. При массовом производстве болтов заготовки надо делать на штампах, а резьбу нарезать на специальных резьбонарезных станках.

◀ Деталь и ее чертеж (размеры детали не указаны).

Справа: цех сборки автомобилей «Жигули».

Кондуктор для сверления деталей: *1* — деталь.

В простой прямоугольной пластине нужно просверлить обыкновенное отверстие для болта. Ну что же, наметим на пластине центр будущего отверстия, *накернim* его, т. е. сделаем углубление, и на обычном сверлильном станке просверлим — все очень просто. Просто, если таких деталей мало. А если их очень много, то такая технология уже не подойдет — слишком много времени будет затрачивать рабочий на разметку и керновку деталей. Что же делать?

Технологи решают эту задачу так — они отказываются от разметки и керновки детали и изготавливают приспособление — *кондуктор*. Рабочий вкладывает деталь в кондуктор, имеющий направляющую втулку для сверла, и без разметки сверлит отверстие в детали. А можно применять кондуктор сразу для нескольких деталей — это еще больше ускорит работу.

Иногда оказывается более выгодным не применять универсальные резцы и фрезы, пригодные для выполнения различных работ, а изготовить специальный режущий инструмент, предназначенный только для определенных операций.

Набор специальных кондукторов, штампов, инструментов и других приспособлений, необходимых для крепления, подачи и контроля заготовок и деталей, называется *оснасткой*. Ее создают на заводе, готовясь к производству новых машин. А какой должна быть оснастка, какие должны быть режимы обработки деталей — все это решают технологи. На каждую деталь они составляют *маршрутную технологическую карту*. В ней указана последовательность всех операций, маршруты детали из цеха в цех. Карта следует вместе с деталью.

Для массового производства деталей составляются *пооперационные технологические карты*. В них подробно описан ход операций, выполняемых на каждом рабочем месте. Эти карты даются рабочим, выполняющим данные операции.

Детали изготовлены, из них надо собрать машины. Технология сборки также зависит от количества выпускаемых машин. Автомобиль, например, можно собрать на небольшой площадке сборочного цеха. Ну а если надо выпускать сотни тысяч автомашин в год? Тогда на заводе устанавливают конвейерные линии. К ним из различных цехов в определенном порядке непрерывно подаются необходимые детали и узлы.

Вот в начале главного конвейера, на котором собирают, скажем, автомобиль «Жигули», установили кузов машины. Лента конвейера движется, и постепенно к кузову рабочие прикрепляют все остальные детали и узлы: двигатели, колеса с надетыми и надутыми шинами, дверцы с вставленными ручками и стеклами и т. д. Эти узлы тоже собираются на конвейерах, только не на главных, а на вспомогательных. В конце главного конвейера в готовый автомобиль садится шофер и выезжает на нем из ворот сборочного цеха.

Таким образом, от количества выпускаемых машин зависит технология и изготовления деталей, и сборки машин. А это, в свою очередь, определяет состав станочного и сборочного оборудования, планировку и размещение цехов завода, организацию производства.

В машиностроении различают три основных вида производства — *индивидуальное, серийное* и *массовое*, и каждый из них имеет свою технологию.

Но это еще не все.

В рассказе о конструкторских бюро мы говорили об их специализации. Еще бóльшую *специализацию*

Сборочный цех авиационного завода.

имеют современные машиностроительные заводы. Есть автомобильные заводы, станкостроительные, заводы авиационных двигателей, электрических машин и многие другие. Конечно, технология изготовления станков отличается от технологии изготовления, скажем, экскаваторов или электрических двигателей. Следовательно, отличается и оборудование, установленное на этих заводах, и применяемые на них технологические процессы.

Поэтому, разрабатывая конструкцию новой машины, конструкторское бюро должно заранее знать, на каком заводе она будет изготовляться, учесть его возможности и применяемые на нем технологические процессы и оборудование.

Еще лучше, если конструкторы будут разрабатывать машину в содружестве с технологами завода — будущими изготовителями этих машин. Тогда машина получится *технологичной,* удобной, легкой в изготовлении, и заводу будет легко освоить ее производство.

Как видите, разработать правильную, наиболее рациональную технологию изготовления машины не так-то просто, но очень важно. Если технология разработана правильно, то и оборудование будет использоваться полностью, производительность труда рабочих будет высокой, качество деталей и машин хорошим. А это значит — завод будет выпускать много хороших и дешевых машин!

Можно смело сказать: технология — это основа производства, без которой в наше время не может развиваться современная промышленность, и особенно такая важная, как машиностроение.

Сколько стоит машина

Машина сконструирована, разработана технология ее изготовления. Теперь надо подсчитать, а сколько она будет стоить. Для этого экономисты завода составляют перечень затрат, так называемую *калькуляцию,* куда записывают все расходы, связанные с производством машины. Что же это за расходы?

Прежде всего нужно приобрести необходимые материалы, например черный и цветной металл, прокат, трубы, пластмассы, резину, провода, краски и другие материалы, требуемые для изготовления деталей и узлов машины. *Стоимость всех этих материалов для одной машины* и будет первой строчкой нашей калькуляции.

Мы уже знаем, что стандартные узлы и детали машины (электродвигатели, вентиляторы, насосы, электрические лампы и пускатели, подшипники и многое другое) не надо изготовлять на данном заводе — их можно купить у другого специализированного предприятия. Так и запишем во второй строке: *покупные изделия.*

Технологи разработали во всех подробностях производственный процесс, т. е. определили, как и на каких станках будет обрабатываться каждая деталь. Теперь можно подсчитать, сколько понадобится рабочих и какое время каждый из них затратит на порученную ему работу. Сложим затраты времени всех рабочих, участвующих в изготовлении деталей и сборке одной машины, и получим *трудоемкость машины.* Иначе говоря, узнаем, сколько времени (в человеко-часах) надо затратить на изготовление машины. Зная квалификацию рабочих, мы можем теперь подсчитать их заработную плату. Прибавим к ней расходы на отпуска рабочих и социальное страхование (оплату больничных листов) и внесем в нашу калькуляцию третью строку — *заработная плата производственных рабочих.*

В изготовлении машины участвует много цехов завода, и в каждом из них расходуются тепло и электроэнергия, смазочные и обтирочные материалы, инструмент и приспособления. В цехе работают инженеры, мастера, ремонтные рабочие, контроле-

ры, электромонтеры, уборщики. Они непосредственно деталей машины не изготовляют, но без них цех не сможет работать. Им тоже надо платить заработную плату. *Эти расходы называются цеховыми.*

Станки, прессы, печи и другое оборудование, установленное в цехах, в процессе работы изнашиваются, стареют и со временем должны быть заменены новыми. Оборудование изнашивается при изготовлении машин, следовательно, покупатели машин должны как-то возместить эти расходы. Постепенное перенесение стоимости *основных фондов:* зданий, сооружений, машин, оборудования и т. п.— на производимую продукцию в связи с их физическим и моральным износом называется амортизацией («амортизация» от латинского amortisatio — погашение, уплата долгов). Суммы амортизации включаются в издержки производства, т. е. в себестоимость каждого изделия в виде *амортизационных отчислений.* Скажем, станок стоит 2500 руб., и по нормам он должен проработать 10 лет. Значит, ежегодные амортизационные отчисления составят 250 руб. (без учета капитального ремонта).

Сумма амортизационных отчислений по всему оборудованию, работающему в цехах, включается в цеховые расходы. Чем больше оборудования, чем оно дороже и чем меньше срок его работы, тем больше амортизационные отчисления.

Цеховые расходы подсчитываются на год, а нам нужно внести в калькуляцию только частицу, относящуюся к одной изготовляемой машине. Как это сделать?

Если в течение года завод выпускает только одинаковые машины, это просто: надо цеховые расходы разделить на количество выпускаемых в течение года машин и мы получим четвертую строку нашей калькуляции — *цеховые расходы.*

Но чаще завод выпускает много различных машин. В этом случае подсчет цеховых расходов на одну машину значительно сложнее.

Кроме цехов на заводе есть дирекция, службы главного механика и энергетика, экономиста, плановый отдел, отделы снабжения материалами и сбыта готовой продукции, отдел кадров и много других отделов, необходимых для организации работы завода. Завод размещается в зданиях, имеет территорию, дороги, железнодорожные пути, которые надо убирать, обслуживать, ремонтировать. На заводе надо проводить мероприятия по технике безопасности и охране труда рабочих, готовить кадры, повышать их квалификацию.

Как и станки в цехах, заводские здания и сооружения изнашиваются, стареют и со временем требуют замены. Значит, и на них надо подсчитывать амортизационные отчисления. Учтем и эти расходы, отнесем их к одной машине, и у нас появится пятая строка в калькуляции — *общезаводские расходы.*

Получая от конструкторского бюро чертежи на новую машину, завод должен полностью или частично оплатить ему расходы по разработке конструкции новой машины. Кроме того, надо возместить расходы на приспособления и оснастку, которые разработали технологи и изготовил инструментальный цех. Может быть, для изготовления каких-либо деталей новой машины пришлось купить и установить в цехах новые станки или автоматические линии. Эти расходы называются *внепроизводственными* и также учитываются в калькуляции машины.

Теперь сложим все расходы вместе и получим полную *себестоимость* новой машины. Например:

Материалы	470 руб.
Покупные изделия	1580 руб.
Заработная плата производственных рабочих	1300 руб.
Цеховые расходы (включая амортизационные отчисления на цеховое оборудование)	2500 руб.
Общезаводские расходы (включая амортизационные отчисления на здания и сооружения)	1200 руб.
Внепроизводственные расходы	400 руб.
Полная себестоимость машины	7450 руб.

Столько будет стоить заводу изготовление одной машины.

Но если завод будет продавать машины по их себестоимости, то производство их будет *нерентабельным,* т. е. не доходным, не прибыльным. А прибыль нужна заводу для дальнейшего развития производства, улучшения условий труда рабочих, для строительства жилых домов, пионерских лагерей, детских садов и яслей, для поощрения лучших работников. Не будет у завода прибыли,— значит, не будет у коллектива завода материальной заинтересованности в освоении новых машин, которые так нужны всем отраслям народного хозяйства. Более того, завод не сможет вложить свою долю в народную копилку — в государственный бюджет, откуда черпаются средства на развитие народного хозяйства, на просвещение, здравоохранение, на развитие науки, на укрепление обороны страны. Поэтому цены на продукцию завода должны быть выше себестоимости. Тогда завод будет получать прибыль. Чем ниже себестоимость, тем больше прибыль. Примем для нашего при-

мера размер прибыли 12% к себестоимости и впишем в калькуляцию строку: «прибыль».

Полная себестоимость	7450 руб.
Прибыль	900 руб.
Отпускная цена машины	8350 руб.

В нашем примере машина стоит 8350 руб. Много это или мало? Выпустит завод новые машины и продаст другим заводам. Какая разница, сколько один завод заплатит другому?

Разница есть, и очень большая.

В самом деле: для чего нужны нам машины?

Разумеется, автомобили нужны, чтобы перевозить людей и различные грузы; ткацкие станки, чтобы изготовлять ткани, а вязальные автоматы, скажем, чтобы вязать носки.

Вернемся к нашей калькуляции. Вспомните, что в цеховые и общезаводские расходы мы включили амортизационные отчисления и заметили, что чем дороже станки и оборудование на заводе, тем дороже будет стоить машина.

Давайте рассуждать дальше: представьте, что нашей новой машиной оказался вязальный автомат. Его купила и установила трикотажная фабрика. При подсчете стоимости носков, которые будут вязать на этом автомате, составят такую же калькуляцию, в которую войдут амортизационные отчисления на этот вязальный автомат. Значит, чем дешевле автомат, тем дешевле носки. А автомат будет дешевле, если будут дешевле станки, на которых его изготовляли.

Так стоимость одних машин влияет на стоимость других и в конечном счете на стоимость предметов широкого потребления: тех машин, приборов, вещей, материалов и продуктов, которыми пользуемся мы с вами в нашем быту.

Следовательно, чем дешевле работающие в народном хозяйстве машины, чем больше продукции они выпускают, тем дешевле товары, тем выше уровень жизни советского народа, тем богаче государство.

Вот почему конструкторы и технологи стараются сделать машины высокопроизводительными и в то же время по возможности дешевыми. Но стоимость машины зависит не только от конструкторов и технологов. Вернемся еще раз к калькуляции.

Большую долю в стоимости машин составляет заработная плата производственных рабочих и всего заводского коллектива. Главной задачей экономической политики Советского государства является дальнейшее повышение жизненного уровня трудящихся. Снижать стоимость машин путем снижения заработной платы работников нельзя, так как это привело бы к ухудшению их благосостояния. Поэтому у социалистического предприятия есть только один путь — непрерывно повышать производительность труда за счет внедрения новой техники, улучшения организации производства, повышения квалификации рабочих. За счет этих мероприятий завод при том же количестве рабочих и служащих и за то же время будет выпускать больше машин. Значит, зарплата рабочих и служащих разделится на большее число машин и стоимость каждой машины уменьшится. Но при этом производительность каждого рабочего будет больше и, следовательно, увеличится и его зарплата.

Итак, рост производительности труда, сокращение стоимости продукции при одновременном повышении зарплаты — это и есть главный путь развития экономики советского производства.

Снизить стоимость машин можно и за счет бережливого расходования электроэнергии, тепла, топлива и материалов. Большую роль в экономии металла играет, например, ассортимент сортового проката, выпускаемого металлургическими заводами. Чем больше ассортимент, тем легче подобрать нужный профиль заготовки, тем меньше расход металла и меньше труда затратится на изготовление детали.

Но может случиться и так. На заводе установлено высокопроизводительное оборудование, разработана отличная технология изготовления машин, много высококвалифицированных рабочих, а работа не ладится: то на складе не оказалось необходимых материалов, то в каком-нибудь цехе прекратилась подача электроэнергии, то кончился запас инструментов или приспособлений, то не хватает рабочих какой-нибудь профессии, то остановился сборочный конвейер из-за отсутствия деталей... В результате станки и рабочие простаивают без дела, сокращается выпуск продукции, повышается ее себестоимость, падает заработная плата, завод лишается прибыли.

Этого можно избежать только при *правильной организации производства.*

Организация работы машиностроительного предприятия

Конструкторское бюро сказало, что делать. *Отдел главного технолога* сказал, как это сделать. Экономисты *планового отдела* сказали, сколько должна стоить машина и сколько и каких машин надо изготовить.

Задание определено. Теперь надо организовать его выполнение. Это не так просто. Подумайте сами: нужно заказать, получить и завезти на завод тысячи тонн различных материалов и изделий, раздать их по цехам; превратить эти материалы в миллионы разнообразных деталей, собрать из этих деталей сначала отдельные узлы, а затем машины; наладить, испытать и проверить их, наконец, упаковать и отправить заказчику.

Обычно машиностроительный завод выпускает одновременно несколько разных машин и ежегодно осваивает одну или несколько новых конструкций.

Подготовкой производства новых машин на заводе занимается отдел главного технолога. Задача технологов не только разработать новую технологию изготовления деталей и сборки машины, но и внедрить ее в цехах завода.

Большинство деталей невозможно изготовить в каком-либо одном цехе. У каждой детали свой, иногда сложный, путь, но все они должны вовремя и в нужном количестве встретиться друг с другом в сборочных цехах и на сборочном конвейере, чтобы занять свое место в будущей машине.

Все это должны продумать и организовать технологи в процессе подготовки к производству машины.

Мы уже говорили, что технологи должны разработать специальный инструмент и приспособления для изготовления деталей. И не только разработать, но и изготовить их в необходимом количестве. Для этого у них в подчинении есть инструментальный цех.

Кроме этого, технологи составляют спецификации на материалы и покупные изделия, необходимые для изготовления новой машины, и карточки, в которых указано, какому цеху и в каком количестве понадобятся те или иные материалы. Спецификации и карточки отдел главного технолога передает в *отдел снабжения* завода.

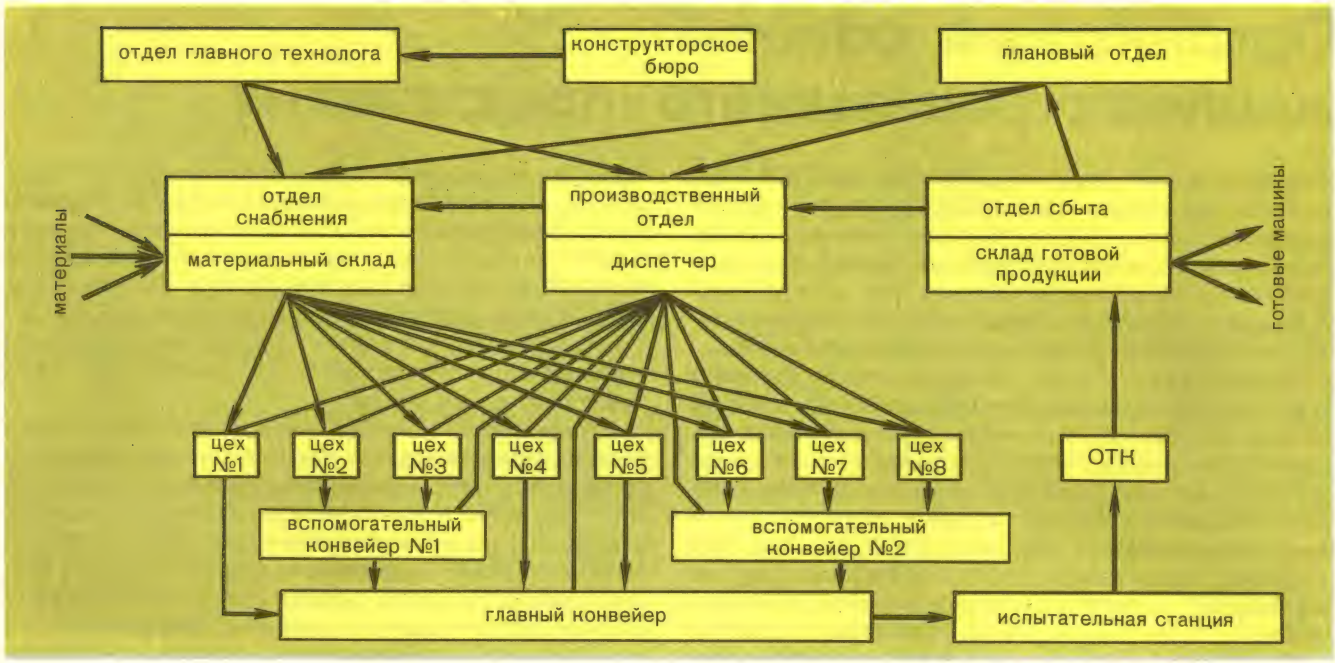
Технологи сказали, сколько надо материалов на одну машину, а плановый отдел сказал, сколько надо сделать таких машин. Работники отдела снабжения начинают считать, а сколько же и каких материалов потребуется заводу на следующий год. Надо все заказать и получить вовремя, иначе из-за отсутствия какой-либо мелочи может быть нарушена работа всего завода. Отдел снабжения знает, где, как и когда он должен заказать и получить материалы. В его распоряжении есть автотранспорт (а на больших заводах и железнодорожная ветка) и материальные склады. Он должен непрерывно следить за поступлением материалов и их запасом на складах, должен быстро и оперативно передавать эти материалы в цехи завода. На больших заводах при материальных складах есть подготовительные цехи, в которых получаемый материал (листы, трубы, прокат и т. д.) предварительно режут на куски того размера, который нужен цехам завода.

Материалы получены и поступили в цехи. Началось их превращение в машины по разработанной технологии. Теперь «главным» становится *производственный отдел* завода. Он руководит производством машин. Его задача — непрерывно следить за работой всех цехов, чтобы они соблюдали графики изготовления деталей, чтобы детали поступали на сборку вовремя, чтобы четко и ритмично работали конвейеры. И не только следить, но и принимать необходимые меры, если на каком-либо участке возникают неполадки. Для этого в производственном отделе есть *диспетчерская служба*. Но как может диспетчер уследить за работой десятков разнообразных цехов, раскинувшихся на огромной территории завода? Как можно проследить за изготовлением и движением миллионов деталей, совершающих свой технологический путь по цехам завода?

Телефонная и селекторная связь, телевизионные установки, автоматическая сигнализация, вычислительная техника и другие современные устройства связи и информации приходят на помощь диспетчеру, связывая его со всеми цехами и наиболее важными производственными участками завода. С их помощью он «видит» и знает положение в каждом цехе. Он следит за ходом изготовления деталей, за своевременным их поступлением на сборку, за запасами в «запасниках». На специальных светящихся табло и схемах перед ним картина всего производства, и он может в любое время вмешаться и принять меры, чтобы ни на минуту не нарушался строгий и четкий ритм работы завода.

Наконец машина сошла с конвейера, прошла испытания, проверена *отделом технического контроля* и поступила в *отдел сбыта* — на склад готовой продукции. И если заданное количество машин поступило на склад вовремя, производственный отдел справился со своими обязанностями — завод выполнил производственный план. Но это еще не всё. Отдел сбыта имеет заказы на машины и план их сбыта. Его дело упаковать машины и отправить их заказчикам. И когда машина покинет завод, а на его счет поступят деньги, работа считается законченной.

Все сведения о ходе производства и реализации продукции непрерывно поступают в уже знакомый



нам плановый отдел, который следит не только за выполнением плана, но и за соблюдением установленных заводу экономических показателей.

Но плановый отдел имеет дело только с плановыми цифрами, а реальные доходы и расходы завода подсчитывают *финансовый отдел* завода и *бухгалтерия*. Они оплачивают счета за материалы, получают деньги за реализованные машины, ведут расчеты и выдачу заработной платы, имеют дело с банками,— короче говоря, оформляют все денежные операции, строго следя за правильным расходованием государственных средств.

Завод будет работать хорошо, если будет надежно и четко работать все станочное оборудование, а для этого его нужно вовремя ремонтировать. Придет время, и станки окажутся изношенными или устаревшими. Тогда их надо заменять. А различных станков и механизмов на заводе тысячи. Поэтому на заводе есть *отдел главного механика,* и в его подчинении находятся специалисты по ремонту и монтажу станочного, подъемно-транспортного, вентиляционного и прочего оборудования.

Чтобы приводить станки и машины в движение, нужна электроэнергия. Она нужна для электроплавильных печей, сварки металла, гальванических цехов, работы вентиляционных устройств и, наконец, просто для освещения цехов и рабочих мест. Кроме электроэнергии цехам нужны горячая вода, водяной пар, сжатый воздух. Этими вопросами на заводе ведает *отдел главного энергетика.* Он руководит работой всех электрических подстанций завода, котельных, компрессорных.

Время, которое затрачивает рабочий на изготовление детали, разделяется на две части. Первая — это *основное машинное время,* в течение которого рабочий на станке выполняет технологическую операцию — обрабатывает деталь, придает ей необходимую форму. И вторая часть — *вспомогательное время*; в это время рабочий вынимает обработанную деталь, проверяет ее, кладет на стеллаж, берет другую, вставляет в станок, подводит инструмент и т. д. Пока рабочий выполняет вспомогательные операции, станок стоит. И чем больше времени уходит у рабочего на эти операции, тем больше простаивает станок.

А ведь стоит сократить хотя бы на 1 мин затраты времени на вспомогательные операции, и можно будет на эту минуту увеличить машинное время станка. Минута, сбереженная на одном станке, на тысячах станках складывается в часы и недели. А эти сэкономленные недели не что иное, как повышение производительности труда и увеличение выпуска продукции на том же оборудовании!

Поэтому на крупных машиностроительных заводах есть специальный *отдел организации труда.* Специалисты этого отдела изучают процесс работы каждого рабочего, составляют «фотографию» его рабочего дня, выявляют непроизводительные потери времени и стараются так организовать работу на каждом рабочем месте, чтобы эти потери были минимальными. На производительность труда влияет и расположение станков в цехе, их цвет, освещенность рабочего места, расположение стеллажей для инструмента и деталей, уровень шума в цехе и многие другие условия. Все это специалисты тщательно изучают и на основе анализа дают рекомендации по улучшению организации труда.

Какое бы оборудование ни было установлено на заводе, какая бы технология ни применялась, в конечном счете успешная деятельность завода зависит

Схема организации работы машиностроительного предприятия.

Диспетчерская — здесь осуществляется контроль за производством.

прежде всего от работы заводского коллектива. А на современном машиностроительном заводе работает несколько тысяч рабочих, инженеров и служащих. И работа с кадрами является для завода одной из важнейших. Для этого на заводе есть несколько отделов.

Прежде всего, *отдел найма и увольнения*. Его задача не только принять человека на работу или уволить. Надо знать потребности цехов и отделов завода в кадрах, заботиться, чтобы производство всегда было обеспечено специалистами необходимой квалификации. Нужно заинтересовать работой и привлечь на завод выпускников производственно-технических училищ, средних школ, техникумов, институтов. А кроме того, надо готовить специалистов непосредственно на заводе.

Этим занимается другой отдел завода — *отдел подготовки кадров*. Это его обязанность организовать на заводе вечерние школы, техникумы, филиалы институтов. Это он должен организовать кружки техминимума, курсы мастеров, наладчиков — словом, все, чтобы каждый работник завода мог без отрыва от производства повышать образование, приобретать или совершенствовать свою специальность.

Большую помощь в овладении знаниями оказывает рабочим и служащим завода *отдел технической информации*. Он собирает информацию о передовом опыте работы на советских и зарубежных предприятиях, о новых технологических процессах, новом оборудовании. Издает специальные листки информации, оборудует выставки и витрины, проводит экскурсии и лекции, показывает кинофильмы. Следит за пополнением *технической библиотеки* завода.

Как бы хорошо ни была разработана машина и технология ее изготовления, квалифицированный инженер и рабочий в процессе непосредственной работы всегда найдут возможность что-нибудь улучшить, упростить или ускорить. Творческая инициатива работников завода — характерная особенность нашего советского производства. Инициативу нужно поддержать, внимательно рассмотреть новое предложение, а если надо, помочь его доработать и внедрить в производство. Этим на заводе занимается БРИЗ — *бюро рационализации и изобретательства*.

Советское государство уделяет большое внимание охране труда рабочего, и на каждом предприятии обязательно есть *отдел техники безопасности*. Он следит за тем, чтобы во всех цехах были созданы условия для безопасной работы: там, где необходимо, были установлены ограждения и предохранительные щитки, чтобы рабочим выдавалась необходимая спецодежда, защитные очки, рукавицы и другие средства индивидуальной защиты. Отдел техники безопасности следит и за работой вентиляционных устройств, правильным освещением рабочих мест, за санитарным состоянием помещений. И главное — ведет большую работу по обучению рабочих и служащих безопасным методам работы. Эту работу с кадрами отдел проводит в тесном контакте с партийной и профсоюзной организациями завода.

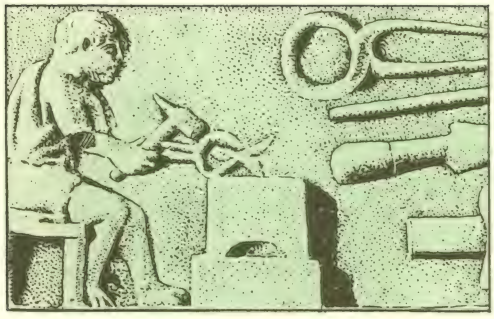
Все отделы и службы завода составляют так называемое *заводоуправление*, во главе которого находится директор завода. Конечно, одному человеку трудно руководить таким сложным предприятием, как машиностроительный завод. Поэтому у директора есть заместители — по производству, по снабжению и сбыту, по кадрам. Всеми техническими отделами и службами завода руководит главный инженер, также являющийся заместителем директора. Большую помощь администрации завода оказывают *технические советы*, в которые входят передовые рабочие, инженеры, представители общественных организаций завода.

Наша страна — мощная машиностроительная держава. Свыше 10 млн. человек работают на машиностроительных заводах, а их в стране насчитывается более 7 тыс.

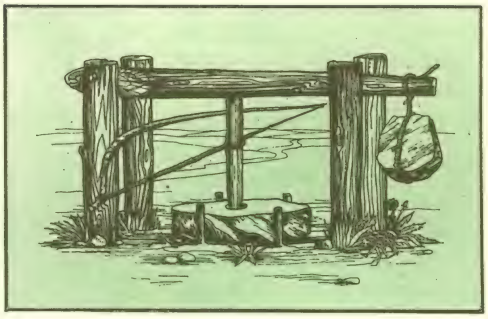
Машина машине рознь. Одно дело изготовлять швейные машины, другое — сооружать гигантские воздушные лайнеры. Конечно, и технология и организация производства этих машин будут различными. Но они подчинены одной задаче — добиться четкой работы завода, обеспечить выпуск запланированного количества машин, соответствующих Государственным стандартам или специальным техническим условиям,— и все это при высоких технико-экономических показателях производства.

Машина вчера...

Орудия труда кузнеца в древнем Риме: клещи, молоток, наковальня.

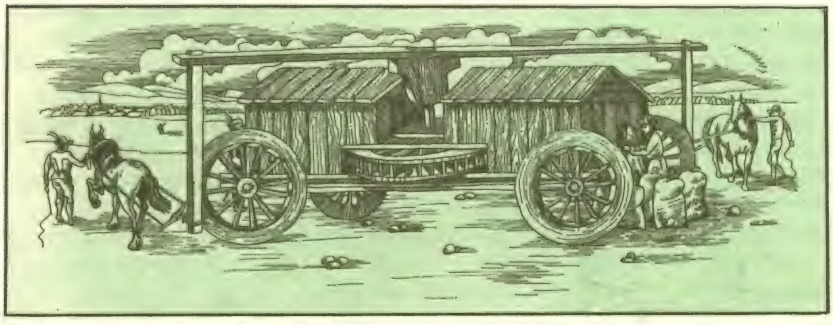


Примерно так мог выглядеть самый древний лучковый сверлильный станок.

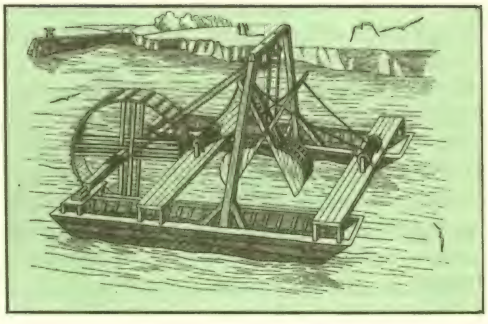


Ветряная мельница не только превращала зерно в муку, но и подымала тяжелые мешки с зерном. Этой конструкции примерно 500 лет.

Мукомольная передвижная мельница. Она иногда сопровождала войска в XVI в.

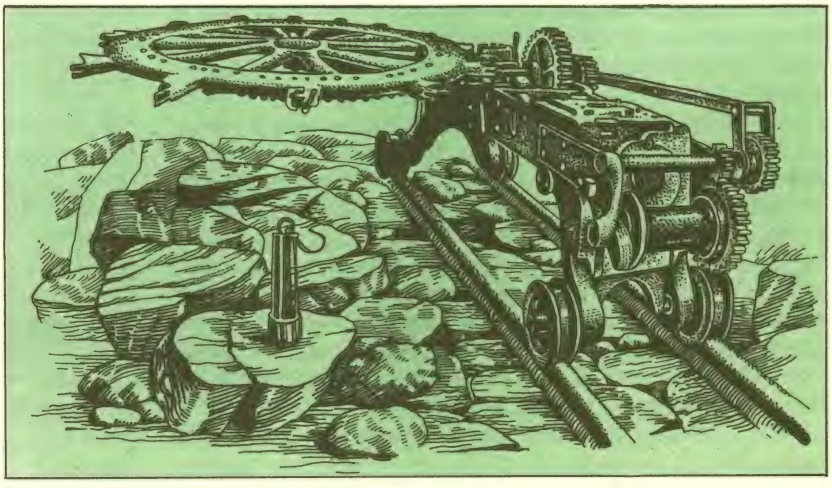


Механизм для очистки морского дна. Начало XVII в. Ковши-захваты вычерпывали ил и песок со дна залива или гавани.



Токарно-копировальный станок русского механика А. К. Нартова. Начало XVIII в.

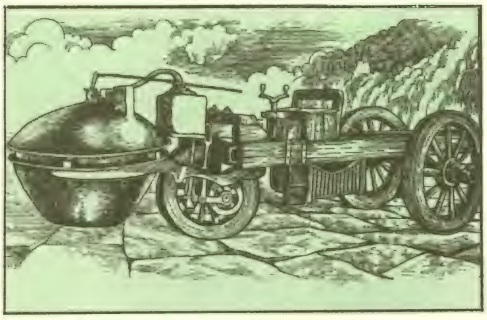
Врубовая машина 1852 г.



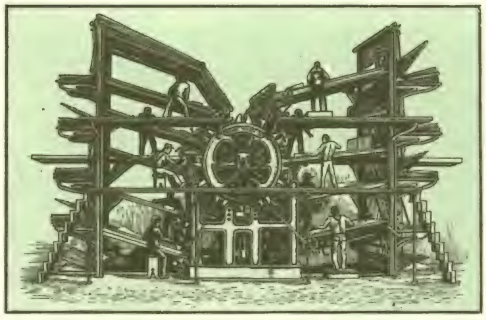
Такие лодки с гребными колесами, которые мастерили 500 лет назад, легко меняли направление движения.

Кран для погрузки и разгрузки судов. Ему тоже более 500 лет.
Справа: подъем воды из шахт с помощью конного привода.

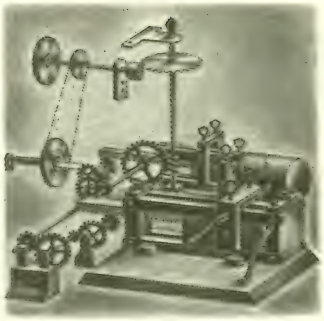
Французский изобретатель Никола-Жозеф Кюньо соорудил такую «паровую повозку» в 1770 г.



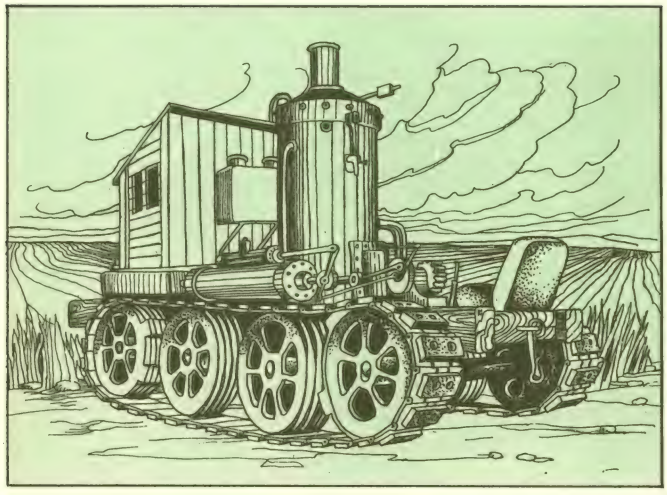
Печатная машина начала XIX в.



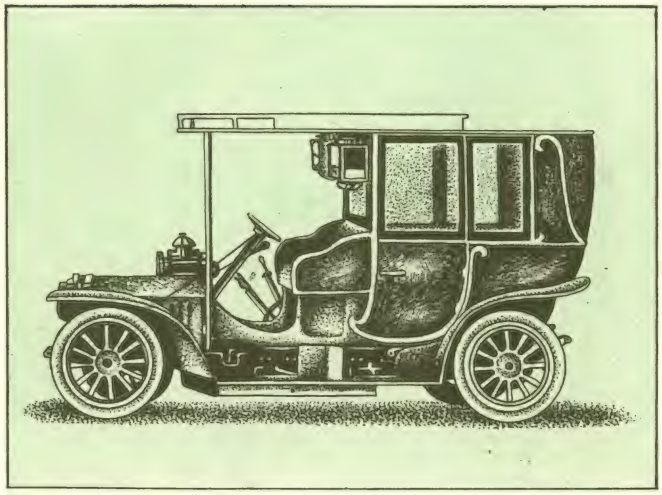
Основные детали токарного станка русского изобретателя А. К. Нартова (XVIII в.) сохранились и в современных станках.



Паровой гусеничный трактор русского изобретателя Ф. А. Блинова (1879). Гусеницы стали неотъемлемой частью современных гусеничных тракторов, вездеходов, тяжелых транспортных и землеройных машин.



Автомобиль начала нашего века. Его кузов еще похож на старинную карету.



Машина сегодня

Экспериментальный железнодорожный вагон с турбореактивным двигателем мчится со скоростью 270 км/ч.

Будущее энергетики. Лазерные лучи «поджигают» термоядерную реакцию.

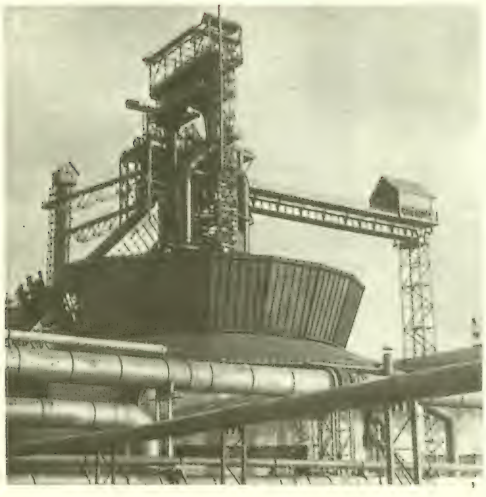
Стенд ленинградского завода «Электросила» имени С. М. Кирова, где испытываются сверхмощные турбогенераторы.

Турбинный зал Красноярской ГЭС.

Мощный трактор К-701. «Стальной конь» мощностью 300 лошадиных сил (220 кВт).

Слева: наборная машина «Россия».
Слева внизу: самая мощная в Европе домна на Новолипецком металлургическом заводе.

Дальноструйная дождевальная установка орошает поле в радиусе 70 м.



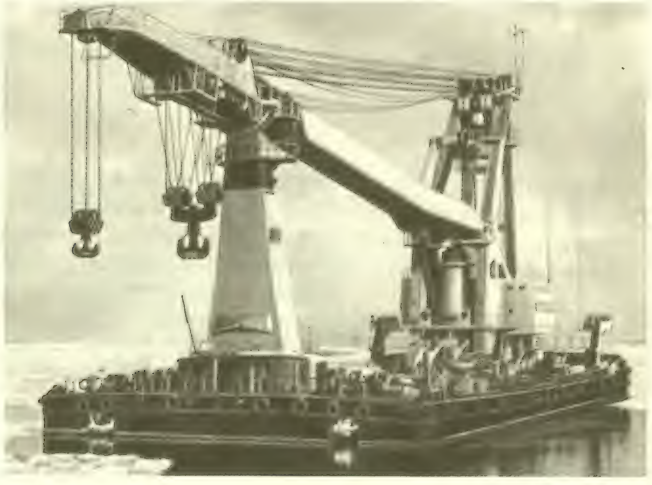
Цех автоматических станков на Первом Государственном подшипниковом заводе.

Впервые в ткацком станке вместо челнока работает сжатый воздух. Это ткацкий пневморапирный станок.

Сверлильно-фрезерно-расточный станок с программным управлением и автоматической сменой инструмента.

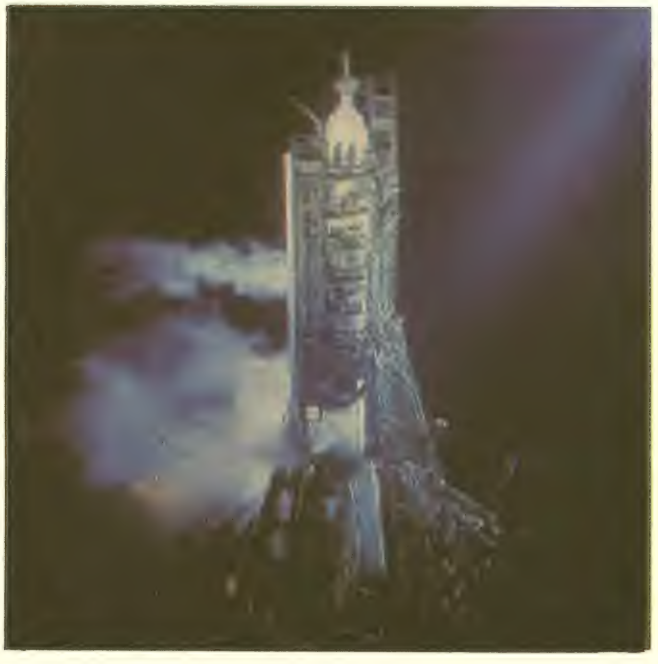
Справа: самый мощный в мире плавучий кран «Богатырь».

Мощный токарно-карусельный станок.



Современный комбайн, полностью механизирующий уборку урожая пшеницы, ржи и других зерновых культур.

Справа: космический корабль на старте.



Энергия и энергетика

Приручение энергии

Греческое слово «энергеа» означает «деятельность». Физики называли сначала *энергией* способность различных предметов совершать работу. Говорили, например, о потенциальной энергии поднятого вверх молота: падая на наковальню, молот плющит металл — энергия превращается в работу. Чем выше поднят молот, чем он тяжелее, тем больше его потенциальная энергия и тем больше будет работа.

Но после того как было непреложно доказано, что движение материи превращается из одного вида в другой (движение падающего молота превращается, например, в тепло: нагреваются и расплющенный кусок металла, и сам молот), *энергией* стали называть *общую меру различных форм движения материи:* и крупных тел, и атомов, и электромагнитных волн, и всякого рода физических полей. Стало возможно измерять различные по внешним признакам движения *одним общим «масштабом»*. Ученые нашли точные соотношения, по которым одни виды движения (виды энергии, как говорят для удобства) переходят в другие. Так был сформулирован *закон сохранения и превращения энергии* (см. т. 3 ДЭ, ст. «Механика»).

Соответственно многообразию форм движения материи существуют различные виды энергии: *механическая* (энергия механического движения), *тепловая* (энергия хаотического движения больших количеств частиц — молекул, атомов и ионов), *электромагнитная* (энергия электромагнитного поля), *ядерная, или атомная* (энергия, связанная с взаимодействием ядерных частиц), *гравитационная* (энергия гравитационного поля — поля тяготения) и др. И подобно тому как из 7 нот образуется все многообразие музыки, так из различных форм энергии образуется все великое разнообразие процессов, бушующих во Вселенной.

Однако, чтобы существующая во Вселенной энергия стала полезной человеку, стала его помощником в работе, он должен был научиться «приручать» ее: преобразовывать один вид энергии в другой, передавать на далекие расстояния и использовать. Эта область человеческой деятельности называется *энергетикой.* Овладеть энергией можно только с помощью каких-либо устройств и машин. Поэтому вся история технического прогресса — это история изобретения и создания этих устройств и машин.

Постепенно человек сумел овладеть энергией ветра, водяного потока, органического топлива: дров, угля, нефти, природного газа. Он начинает осваивать ядерную энергию, энергию Солнца и внутреннего тепла Земли. Он научился пользоваться энергией гравитационного поля Земли, а в последнее время начинает использовать для полета космических

станций поля тяготения Луны, планет Солнечной системы и самого Солнца.

Но, пожалуй, самое главное достижение человека — и важнейшая часть энергетики — освоение электрического тока. Этот вид энергии обладает чрезвычайно важным свойством: его относительно легко получать из других видов энергии, передавать на далекие расстояния, дробить на более мелкие «порции», эти «порции» складывать или превращать в иные разновидности энергии: механическую, тепловую, световую и др. Электроэнергия помогла человеку овладеть другими видами энергии, например ядерной. Вот почему, рассказывая об источниках энергии и их использовании, мы неизбежно будем приходить к рассказу о том, как с их помощью добывать электричество.

Однако прежде всего придется вспомнить еще об одном, самом древнем источнике энергии: о мускулах самого человека и мускулах животных, которых он приручил и заставил работать на себя.

Живые двигатели

Тысячелетиями мускулы человека были тем единственным «двигателем», на который он мог рассчитывать. Лишь в бронзовом веке, т. е. приблизительно с конца IV тысячелетия до н. э., человек начал приручать животных и использовать их в домашнем хозяйстве. До XVII в. мускульная сила людей и животных оставалась основным двигателем.

Животные работали на пахоте, молотьбе, их запрягали в повозки, заставляли носить вьюки с грузом, они приводили в движение водоподъемные колеса и мельничные жернова. Лошади весьма широко использовались в сельском хозяйстве даже в первой половине нашего века! Да и сейчас лошадь порой бывает незаменима: ведь она способна пройти там, где не пройдет никакой автомобиль, никакой трактор...

Мускульная сила человека особенно широко использовалась в гребном флоте. Легкие челноки были известны людям еще в каменном веке, а в эпоху первых рабовладельческих государств существовали уже многовесельные корабли.

На суше рабов заставляли крутить громадные колеса — *топчаки*. Рабы входили в них и шли там по ступенькам, вращая своей тяжестью топчак, совсем так, как белка колесо. В Древнем Египте топчаки соединялись с водоподъемными колесами, доставлявшими воду из Нила на поля. Топчаки продержались вплоть до конца XIX в. И сейчас еще существуют и гребные шлюпки, и ручные лебедки. Они все еще нужны, без них иногда не обойтись. А в качестве аварийных источников энергии используют электрогенераторы, которые вращают ногами.

Ветер в упряжке

Паруса. Ветряные мельницы. Ветряные двигатели

Парусные суда были известны уже в III тысячелетии до н. э. в Древнем Египте, Китае, Финикии. Крупные парусники (кроме учебных судов) исчезли только в начале XX в., когда движущей силой кораблей стали гребной винт и паровая машина. Теперь под парусами ходят лишь небольшие суда: спортивные, учебные. Однако в последние годы начинают выдвигать проекты парусников большого тоннажа с новыми типами парусов. Эти паруса будут ставить с помощью автоматов, не затрачивая никаких усилий. Новые парусники могут оказаться довольно выгодными судами на линиях, соединяющих континенты и проходящих в зоне пассатов, т. е. ветров постоянного направления (они дуют в полосе, отстоящей на 25—30° от экватора).

Ветряные мельницы использовали с незапамятных времен в Древнем Египте и Китае. В низовье Нила до сих пор сохранились остатки каменных мельниц II—I вв. до н. э. Это были так называемые барабанные мельницы. Колесо с широкими лопастями, параллельными оси, устанавливалось в ящике — бара-

В VIII—IX вв. крыльчатые мельницы появились в Европе и на Руси. Мельницы мололи зерно, качали воду, а также приводили в движение станки.

Примерно за 3000 лет до н. э. на Средиземном море появились паруса. На рисунке корабль XVI—XVII вв.

Современный ветряной двигатель унаследовал от мельниц ветряное колесо.

бане так, что половина колеса была в нем, а половина выступала наружу. Ветер давил на лопасти и вращал колесо, а от него жернов.

В VII в. н. э. персы изобрели мельницу с крыльями. В VIII—IX вв. крыльчатые мельницы появились в Европе и на Руси, а начиная с XIII в. чрезвычайно распространились в Голландии, Дании и Англии. Мельницы не только мололи зерно, но и качали воду (голландцы отвоевали у моря большую часть территории своей страны именно благодаря мельницам!) и приводили в движение станки. В России перед Великой Октябрьской революцией было почти 250 тыс. ветряных мельниц. Их общая мощность достигала примерно 370 МВт, а мощность всех электростанций царской России была чуть больше 1000 МВт.

От мельниц ведут свою родословную и современные *ветряные двигатели*.

Даровая и неиссякаемая энергия ветра, дующего над территорией нашей страны, оценивается в 10 ТВт — это мощность 1300 таких гигантских электростанций, как крупнейшая в мире Красноярская ГЭС!

Однако распределена эта энергия весьма неравномерно. Кроме того, она очень непостоянна даже там, где ее много: внезапный штиль сменяется свирепой бурей, да и обычный ветер все время меняет скорость. Но несмотря на это, от ветродвигателей никто не собирается отказываться.

Основная часть ветродвигателя — это пропеллер, который называют *ветроколесом*. У быстроходных двигателей в колесе меньше 4 лопастей, у двигателей средней быстроходности — от 4 до 8, а ветродвигатели с числом лопастей более 8 — тихоходные.

Колеса ветродвигателей устанавливают на высоких башнях. Позади колеса на длинной штанге прикрепляют хвостовую пластину — *флюгер*, устанавливающий колесо против ветра. Этой же цели служит также и небольшой ветрячок — *виндроза*. Как только ветер меняет направление, виндроза начинает вращаться и через шестеренчатую передачу поворачивает ветроколесо до тех пор, пока оно не станет перпендикулярно к ветру. Тогда виндроза сама собой останавливается.

Частота вращения ветроколеса зависит не от диаметра колеса, а от числа лопастей и от скорости ветра; когда скорость ветра возрастает всего в 2 раза, частота вращения увеличивается в 8 раз.

Мощность ветродвигателя зависит от размеров колеса. Например, советский двигатель Д-18 с колесом диаметром 18 м при скорости ветра 8 м/с развивает мощность 27 кВт, а мощность двигателя Д-30 (с колесом диаметром 30 м) при той же скорости ветра составляет 77 кВт.

Ветроэлектрические станции

Чаще всего ветродвигатель соединяют с электрогенератором — создают *ветроэлектрическую станцию*. Первую такую электростанцию в СССР соорудили в 1930 г. в городе Курске по проекту изобретателя А. Г. Уфимцева и профессора В. П. Ветчинкина. Ее мощность была всего 8 кВт. В 1931 г. близ Севастополя построили станцию мощностью 100 кВт, а в 50-х годах в Казахстане — станцию мощностью 400 кВт (12 ветроагрегатов, по 34 кВт каждый). Ветроэлектростанции сооружены и в других странах.

Электрогенератор обычно ставят сразу же за колесом ветродвигателя, а иногда на земле и в этом случае делают к нему механическую передачу с помощью длинного вала. В последнее время созданы ветродвигатели с пневматической передачей. Лопасти ветродвигателя полые и соединены трубопроводом с воздушной турбиной, установленной на земле. Когда ветроколесо вращается, воздух из лопастей с большой скоростью выбрасывается наружу, в трубопроводе создается мощный поток воздуха, вращающий турбину, и она вращает электрогенератор.

Чтобы вырабатывать электроэнергию в штиль или тогда, когда ветер слаб, рядом с ветроэлектростанцией устанавливают дизельный энергоагрегат, а маломощные станции снабжают батареями электрических аккумуляторов.

Существуют ветродвигатели, предназначенные не для выработки электроэнергии, а, например, для подъема воды из колодцев. Такие ветродвигатели установлены в Поволжье, а также Казахстане, Узбекистане и других республиках, где они работают 250—300 дней в году.

В мире сейчас действует более 600 тыс. различных ветроустановок. Больше всего (около 250 тыс.) их в Австралии, на овечьих пастбищах, где с их помощью качают воду из колодцев.

В энергетике нашей страны роль ветряков незначительна: это лишь вспомогательные двигатели.

Вода вращает колеса

Плотины и водохранилища. Водяные колеса

Сооружать *плотины* человек научился очень давно: древнейшая каменная плотина в Египте была построена в IV тысячелетии до н. э. Плотины нужны были для того, чтобы устраивать *водохранилища*, откуда вода подавалась на поля. Крупнейшее водохранилище Древнего Египта — Меридское озеро занимало площадь около 12 км^2.

Плотины и водохранилища для водяных мельниц появились позже — только в средние века.

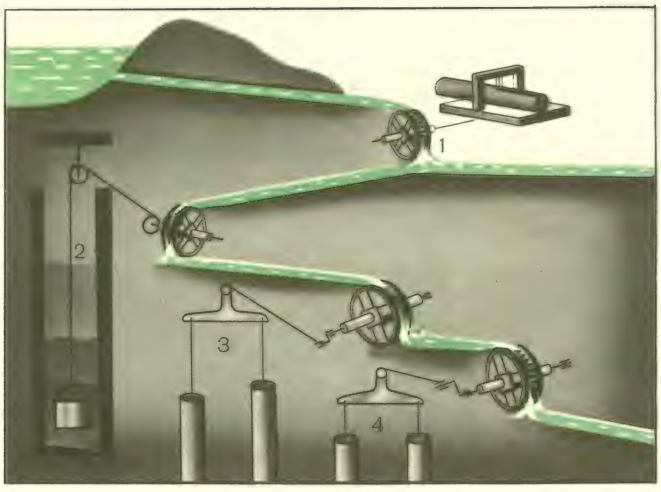
Плотина нужна мельнице, во-первых, чтобы создать необходимый напор воды — разницу между уровнем воды перед плотиной и за ней. Чем больше напор воды, тем (при прочих равных условиях) больше мощность колеса водяной мельницы. Во-вторых, возникающее перед плотиной водохранилище служит своеобразным аккумулятором гидроэнергии и выравнивает сезонные колебания водного потока. Ведь количество воды в реке меняется месяц от месяца и год от года. Водохранилище накапливает воду в паводок и отдает ее в маловодные месяцы.

Водохранилища бывают самые разные: они занимают площадь от нескольких гектаров до нескольких тысяч квадратных километров. Небольшие водохранилища называют прудами. В СССР около 1000 водохранилищ объемом более 1 км^3, из них 150 имеют объем более 100 км^3. Крупнейшие наши водохранилища — Куйбышевское, Рыбинское, Волгоградское, Цимлянское, Каховское, а самое большое — Братской ГЭС — имеет объем около 170 км^3, а площадь зеркала воды — 5470 км^2. Самая высокая в мире плотина (высотой 310 м) построена в СССР на реке Вахш.

Водяные колеса, с помощью которых поднимали на поля воду, были известны в глубокой древности в странах Востока: в Египте, Китае и Индии. Вот как описывал их в I в. до н. э. римский зодчий Витрувий: «К внешним частям колеса прикреплены лопатки, на которые действует своим ударом вода и которые вращают колесо. Черпая таким образом воду и поднимая ее на большую высоту, оно выполняет потребную работу, не нуждаясь в поденщиках на топчаках, исключительно действием самой же воды». Подобные колеса сохранились до сих пор в некоторых деревнях Азии и Африки.

Водяные мельницы для зерна появились много раньше ветряных. В государстве Урарту, которое находилось на территории нынешней Армении, они были известны еще в VIII в. до н. э. На Руси водяные мельницы упоминаются в документах XIII в., но не как новинки, а как устройства заурядные,— по-видимому, они появились значительно раньше.

И водоподъемные колеса, и колеса первых водяных мельниц были *подливными*. Ось колеса была расположена выше уровня воды, и вода давила на нижние лопасти. Такие колеса не нуждались в плотинах: их устанавливали обычно сбоку от здания, построенного на берегу, или на двух лодках, стоящих на якорях. Даже самые крупные колеса имели мощность не больше 10—15 кВт и плохо использовали энергию потока: их к. п. д. не превышал 0,35%.



В 1770—1780 гг. русский изобретатель К. Д. Фролов построил гидроустановку, состоявшую из нескольких колес различного диаметра. Они приводили в движение насосы для откачки воды *3*, *4*, рудоподъемник *2* и лесопилку *1*.

Более совершенным, с к. п. д. 0,75%, было изобретенное значительно позже, уже в эпоху средневековья, *наливное колесо*. Вода поступала на него сверху *(верхнебойное колесо)* или приблизительно на уровне оси *(среднебойное колесо)*. Для работы этих колес уже были нужны плотины.

Расцвет строительства водяных колес приходится на конец XVIII — середину XIX в. Вода тогда была главной энергетической базой промышленности. В России, например, на алтайском Змеиногорском руднике талантливый изобретатель К. Д. Фролов построил в 1770—1780 гг. грандиозную по тем временам гидросистему, состоящую из нескольких колес различного диаметра, от которых работали насосы для откачки воды, рудоподъемник и лесопилка. Самые крупные колеса, главное из которых было диаметром 17 м (высота 6-этажного дома!), находились под землей, в специально сооруженных камерах.

Со второй трети XIX в. на смену водяным колесам приходят развивающие значительно большую мощность гидравлические турбины. Однако некоторые водяные колеса дожили до начала XX в.!

Гидравлические турбины

Первая гидравлическая турбина, а вернее модель турбины, была построена венгерским физиком и математиком Яношем Сегнером в 1750 г. К высокому вертикальному сосуду Сегнер припаял внизу две изогнутые в разные стороны трубки. Вода, налитая в сосуд, вытекала из трубок и силой отдачи — *силой реакции* — вращала сосуд. В школьных физических кабинетах и сейчас еще можно увидеть такую реактивную турбину: *сегнерово колесо*, с помощью которого демонстрируют принцип реактивного движения.

Сегнер теоретически обосновал работу своей турбины, а более глубоко разработал теорию реактивных турбин в 1751 г. петербургский математик, знаменитый Леонард Эйлер. Он изучил законы движения жидкости в турбинном колесе и разработал схему иной, чем у Сегнера, конструкции турбины.

Она должна была состоять из двух частей — *направляющего аппарата* (неподвижной круговой решетки, состоящей из лопаток и обеспечивающей необходимое направление потока жидкости) и вращающегося *колеса с лопастями*. И лопасти и лопатки плавно изогнуты, чтобы не мешать воде течь с максимально возможной скоростью. А текущая вода, как известно, обладает кинетической энергией. Ударяя в лопасти колеса, она отдает ему свою энергию и заставляет его вращаться.

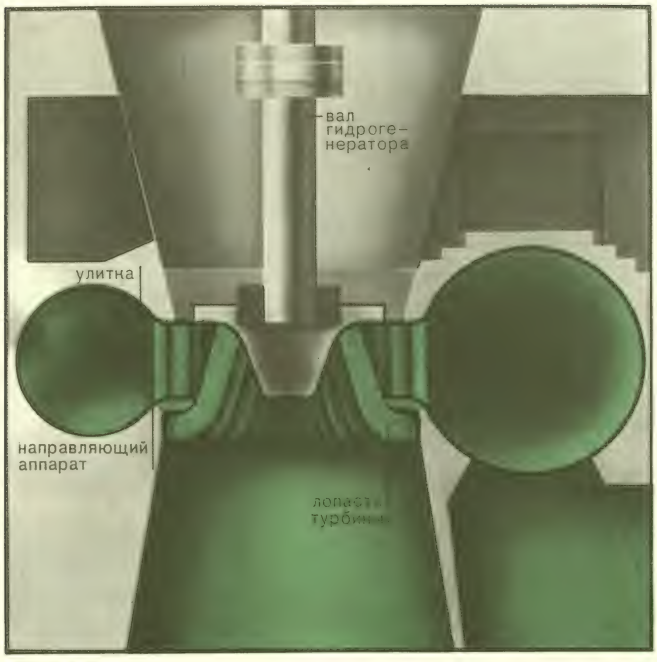
Однако строить турбину Эйлер не стал: он был теоретик, а не механик-практик. Но его идея оказалась столь удачной, что подавляющее большинство турбин и поныне строится по схеме Эйлера. Первую такую турбину мощностью 4,5 кВт создал французский инженер Б. Фурнерон в 1827 г. Подобные турбины называют *реактивными*. Реактивные гидротурбины по направлению потока жидкости в рабочем колесе подразделяют на *осевые* и *радиально-осевые*.

Конструкция современной реактивной радиально-осевой гидравлической турбины такова. Лопатки направляющего аппарата охватывают колесо с лопастями. Пройдя направляющий аппарат, вода попадает на лопасти, движется по радиусу к оси колеса, а потом поворачивает и идет вдоль оси. Поэтому турбину и называют радиально-осевой. Чтобы регулировать расход воды и тем самым мощность машины, лопатки направляющего аппарата делают поворотными.

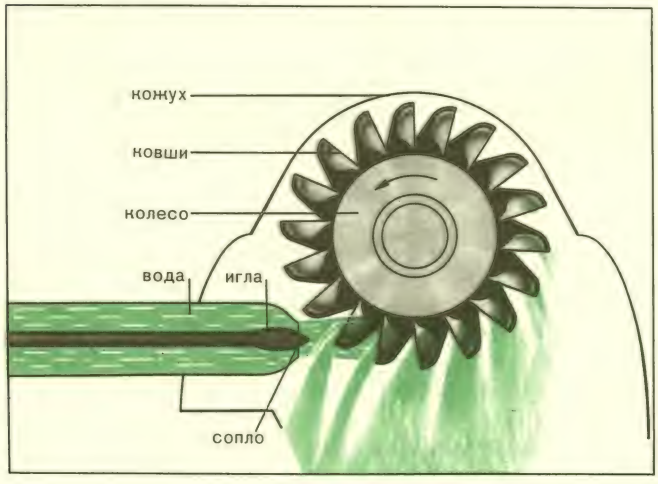
Наиболее крупные турбины такого типа на напор (т. е. высоту столба воды над колесом) от 30 до 500 м проектируют и строят в нашей стране. Для Красноярской ГЭС созданы турбины мощностью 508 МВт, для Саяно-Шушенской ГЭС — 650 МВт.

В 1920 г. австрийский инженер В. Каплан предложил другой тип реактивной турбины — *осевую пропеллерную*. Ее усовершенствовали другие инженеры, и она стала *поворотно-лопастной* (с поворотными лопастями). Она оказалась наиболее пригодной для сравнительно небольших напоров (от 3 до 80 м), т. е. для плотин, построенных на равнинных реках. Наиболее крупная из советских поворотно-лопастных турбин развивает мощность 385 МВт.

Схема радиально-осевой реактивной турбины. В улитку поступает вода из водохранилища.



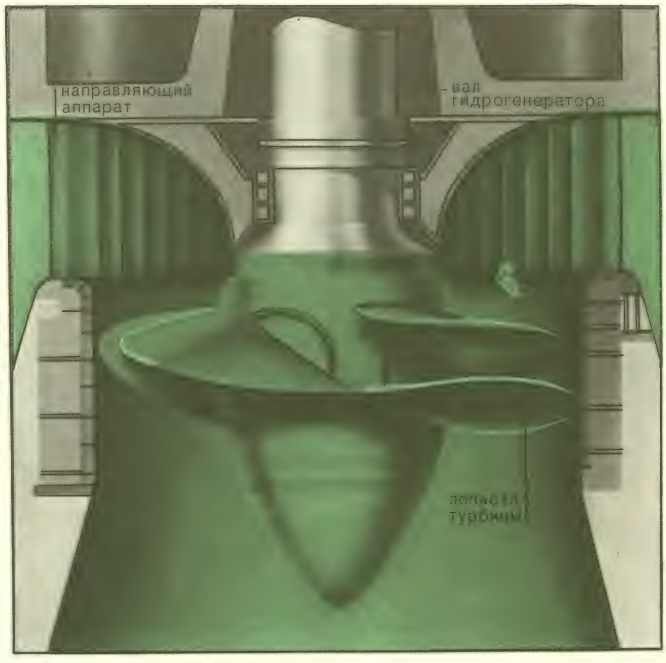
Внизу: схема активной турбины.



Существуют еще так называемые *активные турбины*. Главное их отличие от реактивных в том, что вода поступает к колесу не из направляющего аппарата с лопатками, а из одной или нескольких труб с наконечниками особой формы (эти наконечники называют *соплами*).

Колесо реактивной турбины целиком погружено в воду, а у активной турбины колесо вращается в воздухе и вода скользит только по рабочей поверхности лопаток. Это принципиальное и очень важное их отличие.

Схема реактивной пропеллерной турбины с поворотными лопастями. Турбины такого типа ставят на равнинных плотинах, где напор воды сравнительно невелик.



Дело в том, что, когда вода с большой скоростью течет между лопатками реактивной турбины, давление в воде падает (это следствие закона Бернулли). Газы, растворенные в ней, начинают выделяться, и вода как бы закипает. Это очень опасное явление — *кавитация*. Мириады воздушных пузырьков то возникают, то исчезают. Каждое такое исчезновение — миниатюрный удар по металлу лопаток, и в конце концов их отполированная поверхность покрывается язвами. Турбину приходится останавливать для ремонта. Чтобы этого не случилось, ограничивают скорость воды, иными словами, ограничивают напор (примерно до 500 м).

Иное дело — активная турбина. Ее колесо вращается в воздухе, и потому давление в воде, текущей по лопаткам колеса, никак не может стать меньше атмосферного. Следовательно, не возникает и кавитация, поскольку газы растворены в воде под атмосферным давлением. Это позволяет строить такие турбины на значительно большие напоры — до 1500—1800 м.

Когда турбины только появились, их использовали, как и водяные колеса, для непосредственного привода станков и машин с помощью зубчатых, канатных или ременных передач. В наши дни гидравлические турбины применяют исключительно для вращения электрогенераторов переменного тока (их называют *гидрогенераторами*). Турбина — главный двигатель на гидроэлектростанциях.

Днепровская ГЭС имени В. И. Ленина — гордость советского народа, символ первой пятилетки. Построена по плану ГОЭЛРО. Мощность Днепрогэса — 650 МВт.

Гидроэлектростанции (ГЭС)

Первая крупная ГЭС трехфазного тока была построена в 1891 г. на реке Неккар (Германия) под руководством русского инженера М. О. Доливо-Добровольского.

В России одна из первых ГЭС мощностью 300 кВт была сооружена в 1896 г. на реке Охте в Петербурге. В 1909 г. закончилось сооружение Гиндукушской ГЭС мощностью свыше 1,35 МВт на реке Мургаб в Туркмении. Строительству более крупных электростанций царское правительство не уделяло внимания. Проекты мощных ГЭС на реках Волхове, Свири, Днепре, детально разработанные русскими учеными Ф. А. Пироцким, И. А. Тиме, Г. О. Графтио, И. Г. Александровым и другими, оставались на бумаге.

Лишь после Великой Октябрьской социалистической революции началось серьезное гидростроительство. Уже в апреле 1918 г. был рассмотрен вопрос о строительстве электростанций на реках Волхове, Свири и водопаде Б. Иматра. Волховская ГЭС мощностью 58 МВт вошла в строй в 1926 г. Она была первой крупной ГЭС, построенной в СССР. А в 1971 г. вступил в строй последний агрегат крупнейшей в мире Красноярской ГЭС мощностью 6 ГВт — в 100 раз мощнее Волховской.

Советское энергомашиностроение уже многие годы держит первенство по производству самых крупных в мире гидравлических турбин, гидравлических генераторов; в СССР сооружаются самые мощные гидроэлектрические станции.

Гидротурбины строят как с вертикальным валом рабочего колеса, так и с горизонтальным. Гидротурбину и электрогенератор, сидящие на одном валу, называют *гидроагрегатом*. Гидроагрегаты обычно располагают в здании электростанции.

Гидроэлектростанция, здание которой представляет собой часть плотины и принимает на себя напор воды водохранилища, называется *русловой*, т. е. расположенной в русле реки. Таковы Волховская ГЭС, Волжская ГЭС имени XXII съезда КПСС и др. Иногда на таких ГЭС гидроагрегаты размещают прямо в теле плотины, оставляя сверху отверстия, закрывающиеся крышками, для осмотра или ремонта.

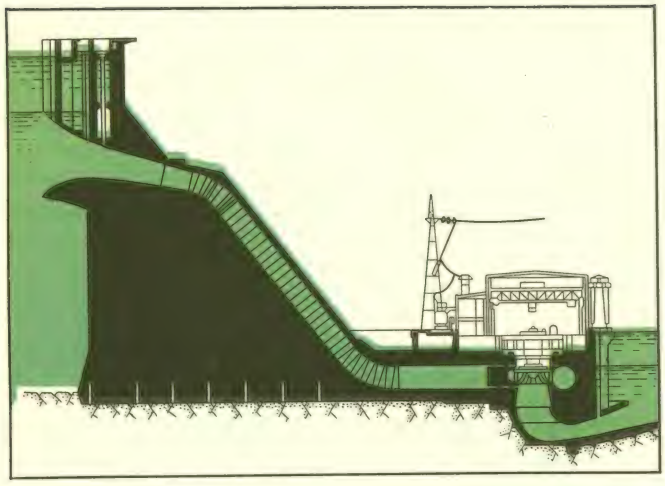
Так построена Кременчугская ГЭС на Днепре. А на Киевской ГЭС применены гидроагрегаты с горизонтальной осью, их генераторы заключены в капсулу обтекаемой формы, которая погружается целиком в поток воды. Такие гидроагрегаты называют *капсульными*. Русловые ГЭС строятся с напором не более 30—40 м.

Если напор воды больше, то здание сооружают отдельно, обычно у основания плотины, со стороны, противоположной водохранилищу. Такие ГЭС называются *приплотинными*.

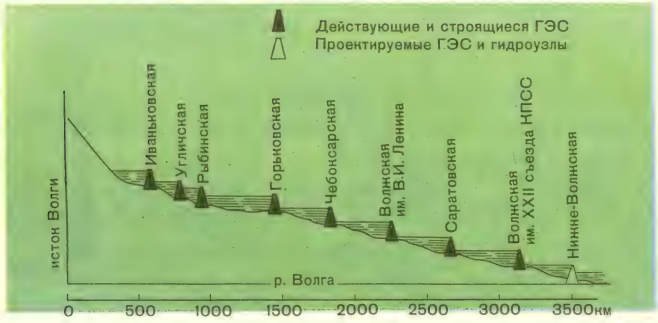
Так построены Днепрогэс имени В. И. Ленина, Братская и Красноярская ГЭС. Приплотинные гидроэлектростанции обычно сооружаются в предгорьях или там, где река течет в узком скальном ущелье — каньоне.

В горах, где уклон реки велик, а условия для строительства плотины и здания ГЭС плохие, здания сооружают там, где это выгодно и удобно, а воду к нему подводят (а где надо и отводят) по трубам, тоннелям или открытым каналам — лоткам. Такие

Разрез приплотинной гидроэлектростанции.



Внизу: схема крупнейшего в Европе Волжского каскада ГЭС.



К деривационной ГЭС воду подают по трубам, каналам, тоннелям. *На снимке:* Храмская ГЭС деривационного типа.

Внизу: пульт управления ГЭС.

ГЭС называются *деривационными* (от латинского слова «деривацио» — отклоняю).

Иногда вслед за головной деривационной ГЭС идут еще несколько станций: вода проходит через все последовательно. Получается каскад гидроэлектростанций, например Ингурский на Кавказе.

Каскады ГЭС широко распространены и на равнинных реках: Енисее, Ангаре, Волге, Каме и других реках.

На берегах морей строят *приливные* электростанции (ПЭС). У них также имеются и плотина, и водохранилище, которое вода заполняет во время прилива, а потом вытекает из него во время отлива.

В Советском Союзе первая опытная приливная электростанция мощностью 400 кВт вступила в строй в 1968 г. (на Кольском полуострове). Это опытная ПЭС: на ней изучают экономичность подобных станций. За рубежом самая крупная приливная электростанция сооружена во Франции в 1967 г. на реке Ранс, ее мощность — 240 МВт. Идея использования приливов вовсе не нова: еще в XI в. в Венеции имелись водяные колеса, приводимые в движение приливами и отливами.

Наконец, существуют и *гидроаккумулирующие* ГЭС. Их сооружают там, где потребление электрической энергии в течение суток очень неравномерно. Особенность этих ГЭС состоит в том, что на них установлены *обратимые* гидроагрегаты, которые могут работать и как генераторы тока, и как электрические водяные насосы. Когда потребление энергии невелико, гидроагрегат перекачивает воду из водохранилища в верхний бассейн, получая электрическую энергию от других электростанций (например, тепловых). Когда же потребителям требуется такое количество электроэнергии, которое не могут выработать тепловые электростанции, гидроагрегат ГЭС начинает работать как генератор тока — он приводится в действие водой, поступающей из верхнего бассейна. Мощность некоторых аккумулирующих ГЭС превышает 1,5 ГВт. В СССР обратимые агрегаты установлены на гидроэлектростанции, сооруженной в зоне верхнего бьефа Киевской ГЭС.

Гидроэлектростанции позволяют комплексно использовать гидроресурсы рек. Благодаря плотинам и водохранилищам во многом решены проблемы водоснабжения безводных районов Средней Азии, Кав-

каза, Украины, Поволжья; стали судоходными на всем своем течении Волга, Кама, Дон, Днепр, и тем самым создана единая глубоководная речная сеть Европейской части СССР. На очереди — строительство ГЭС на Амуре и других дальневосточных реках, на Колыме. Благодаря водохранилищам на многих реках ликвидированы весенние паводки, приносящие большой ущерб народному хозяйству, а в маловодные годы вода неизменно продолжает поступать в оросительные системы.

Гидроэлектростанции вырабатывают сейчас около 16% всей электроэнергии в СССР. Однако, в связи с тем что строительство тепловых и особенно атомных электростанций идет большими темпами, роль ГЭС в общей выработке энергии начнет постепенно уменьшаться. Зато заметно возрастет значение гидроэнергетики в деле сохранения и регулирования запасов пресной воды.

Уже сейчас некоторые районы страны испытывают недостаток в воде, особенно летом, и гидростроительство планируется так, чтобы в максимальной степени учитывать интересы водоснабжения промышленности и городов. Ученые считают, что еще до конца XX в. потребуется перебросить часть воды сначала европейских, а потом и сибирских рек в засушливые районы страны.

Это также потребует строительства в соответствующих местах новых водохранилищ.

Пар работает

Паровые котлы

Первый паровой котел построил для своего водоподъемного насоса в 1698 г. англичанин Томас Севери. Это был железный бак, под которым в топке разводили огонь. Затем вместо бака стали применять длинный (10—12 м) цилиндр диаметром около 1,5 м. Его окружали каменной кладкой, а под ним разводили огонь. Поверхность нагрева, т. е. поверхность, омываемая горячими газами, у таких котлов была очень мала. Поэтому пара они производили мало, давление в котле не превышало 1 МПа, а из-за того, что горячие газы по большей части бесполезно уходили в трубу, к. п. д. котла был очень низким. Большая часть топлива сгорала впустую. Такие котлы выпускались до середины XIX в.

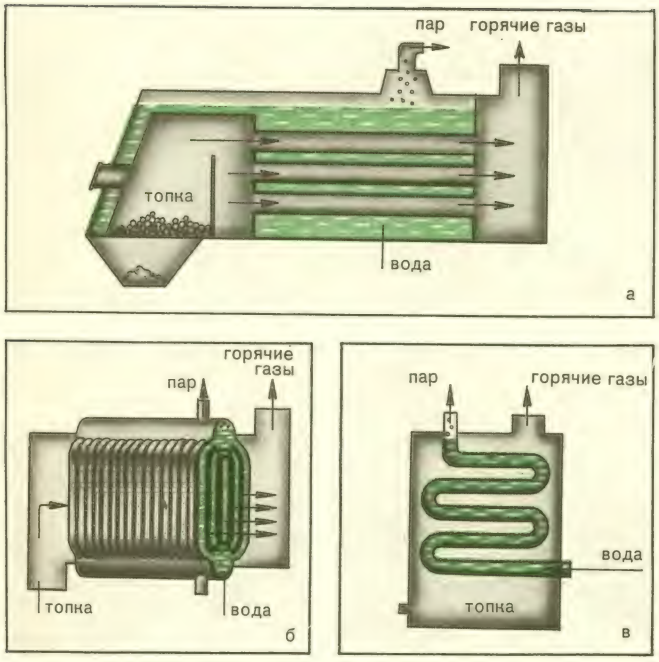
В начале XVIII в. были предложены котлы иной конструкции: с горизонтальными *дымогарными* трубами, через которые проходят горячие газы. Трубы эти со всех сторон были окружены водой. Сначала делали одну-две трубы большого диаметра (их называли *жаровыми*), потом множество труб малого диаметра (дымогарных). Такие *газотрубные* котлы ставились на паровозах, пароходах и локомобилях. И у этих котлов тепло горячих газов также использовалось еще очень плохо, а давление пара не удавалось поднять выше 1,5—1,8 МПа.

Вот почему гораздо большее распространение получили мощные *водотрубные* котлы, у которых почти вся вода находится в тонких длинных трубах, омываемых горячими газами. Трубы располагаются горизонтально или вертикально и соединяются с барабаном небольшого диаметра. В нем пар отделяется от воды. Труб сотни, и потому поверхность нагрева котла получается огромной, измеряемой сотнями и тысячами квадратных метров, а паропроизводительность достигает сотен тонн пара в час. Водотрубные котлы позволили поднять давление пара до 20 МПа и выше. Тепло горячих газов они используют исключительно хорошо: их к. п. д. достигает 90—95%. Горячие газы не только кипятят воду в трубах, превращая ее в пар, но и подогревают свежую — питательную — воду и подающийся в топку воздух. Чтобы повысить энергию пара, его также подогревают горячими газами в трубах *пароперегревателя*. В результате газы с пользой отдают почти все свое тепло и выходят в дымовую трубу, имея температуру всего лишь 140—160° С.

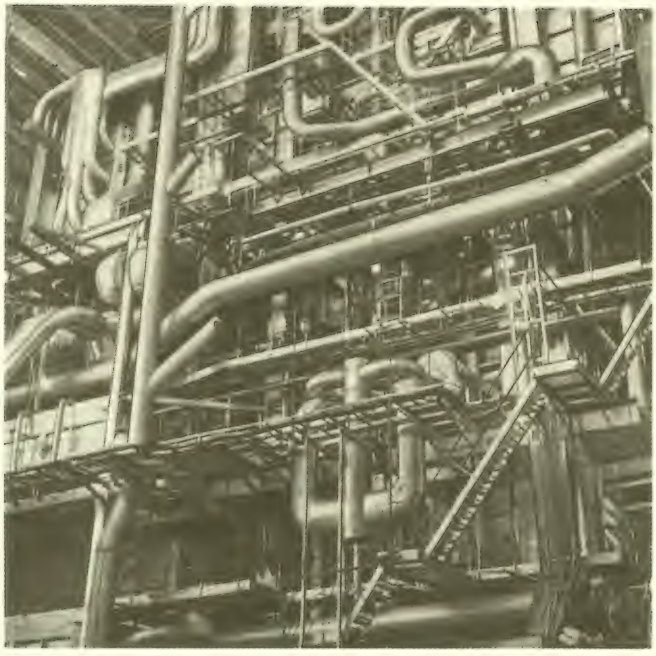
Наконец, в конце XIX в. были предложены *прямоточные* котлы. У этих котлов нет барабанов для отделения пара от воды. Вода превращается в пар по мере движения по трубам: с одной стороны в трубы подается вода, а с другой — выходит пар. Труб бывает обычно несколько десятков, общая их длина достигает километра, а располагаются они в шахте котла зигзагообразно. В нашей стране прямоточные котлы строятся с 1930 г.

Паровые котлы современной электростанции — сооружения высотой с 10—12-этажный дом. Производительность их доходит до 2500 т пара в час, а давление пара достигает 30 МПа при температуре 650° С. Проектируются котлы и много большей про-

Паровые котлы: *а* — газотрубный; *б* — водотрубный; *в* — прямоточный.

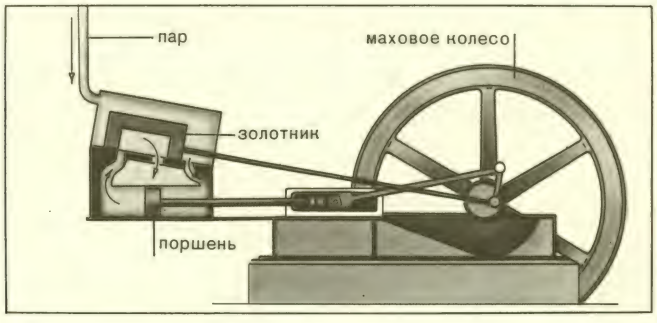


Современный паровой котел (фрагмент). Такой котел — очень сложное сооружение, его опутывают сотни метров труб. По одним из них подается вода, по другим — уходит пар. *Внизу:* схема паровой машины.



изводительности: за час в них будет испаряться 3600 т воды! Столько воды потребляет в сутки поселок на 8—10 тыс. жителей!

Когда-то давно котлы топили дровами или крупными кусками угля. Сейчас уголь предварительно размалывают в тонкую пыль и вдувают в топку через форсунки. В качестве топлива используют также мазут, природный газ, торф и др. Но особенно широко, и чем дальше, тем больше, применяют природный газ — самый дешевый вид топлива.



Паровая машина

«Двигатель, универсальный по своему техническому применению» — такое определение дал паровой машине К. Маркс. Сто лет она была единственным промышленным двигателем буквально всюду: на предприятиях, на железных дорогах и на флоте. Паровые машины стояли и на первых автомобилях. Они вращали роторы генераторов первых электрических станций. На транспорте паровые машины работали вплоть до 50-х годов XX в. Кое-где пароходы и паровозы встречаются и сейчас.

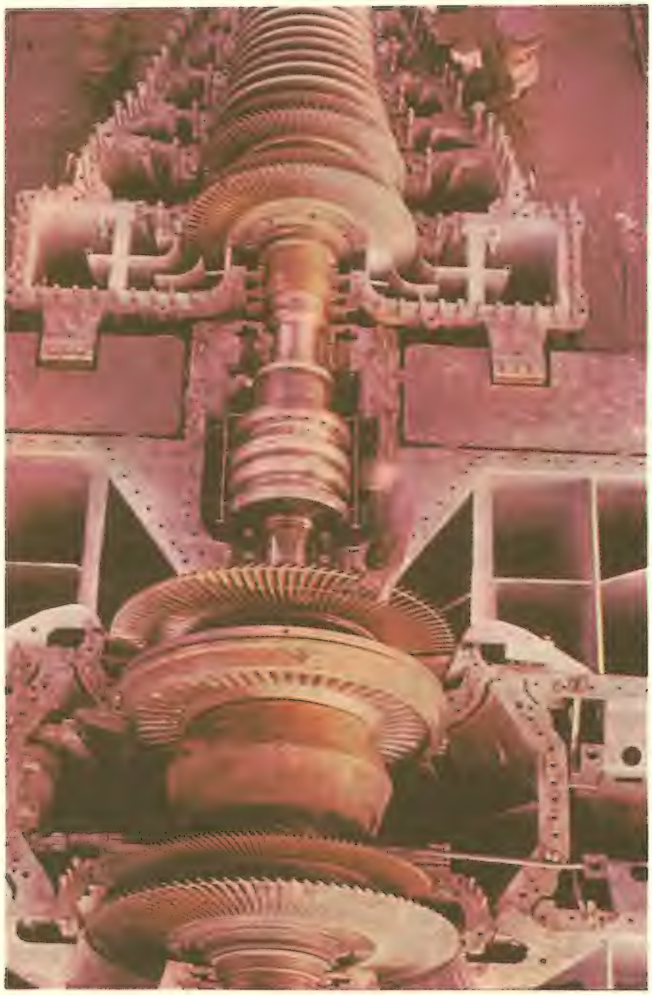
Первая паровая машина двойного действия, т. е. такая, у которой пар подавался поочередно — то с одной стороны поршня, то с другой, была построена в 1784 г. Дж. Уаттом (см. ст. «Джеймс Уатт»). Главная ее часть — *цилиндр,* закрытый с обоих концов крышками. Сквозь одну из них пропущен *шток* (стержень), на котором внутри цилиндра укреплен *поршень*. Снаружи цилиндра шток ходит по *направляющим* и с помощью *шатуна* соединяется с *кривошипом* — искривленной в виде буквы П частью вала. На валу сидит *маховик,* благодаря которому вращение вала, а следовательно и движение поршня, происходит более равномерно. В обеих крышках цилиндра имеются отверстия: в них впускается пар — сначала с одной стороны, а когда поршень дойдет до противоположного конца цилиндра — с другой. Управляет впуском пара распределитель — *золотник.* Его приводит в движение золотниковый валик с шатуном, связанный с валом машины через *эксцентрик.* Особое приспособление — *кулиса* — позволяет

изменять моменты впуска пара в цилиндр, регулировать длительность впуска — мощность машины, давать задний ход и останавливать машину.

Пар, выходящий из цилиндра, можно просто выпускать в воздух. Однако это невыгодно, потому что тогда его энергия будет использована не до конца. И если, скажем, на паровозах, где мало места, с этим приходилось мириться, то на морских судах, не говоря уже о стационарных энергетических установках, пар выпускают в *конденсатор* — охлаждаемый водой сосуд, где пар превращается в воду, *конденсируется*. При этом в конденсаторе образуется разрежение, и на поршень действует уже увеличенная (почти на 0,1 МПа) разность давлений между *свежим* и *отработавшим* паром. Именно благодаря конденсатору Уатту удалось получить от своей машины увеличенную мощность. Воду из конденсатора *(конденсат)* направляют обратно в котел.

К началу XX в. паровые машины достигали мощности 15 МВт, самые быстроходные из них развивали до 1000 об/мин, а к. п. д. их возрос с 0,3% (увы, именно таков был к. п. д. машины Уатта) до 20%. И все-таки они уже не соответствовали тем требованиям, которые предъявляла техника. Они были тяжелыми, громоздкими и не обещали никакого дальнейшего повышения экономичности. Их все больше и больше вытесняли паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания.

На роторе мощной паровой турбины рабочие колеса, которым пар отдает свою энергию.



Паровая турбина

Паровая турбина работает по тому же принципу, что и водяная, только в ней колесо с лопатками вращается паром, а не водой. Но эта разница коренным образом повлияла на конструкцию: паровая турбина ничуть не похожа на водяную. Начать с того, что у нее не один диск с лопатками и не один направляющий аппарат, а несколько. Почему это так? Потому что пар совершенно не похож по своим свойствам на воду.

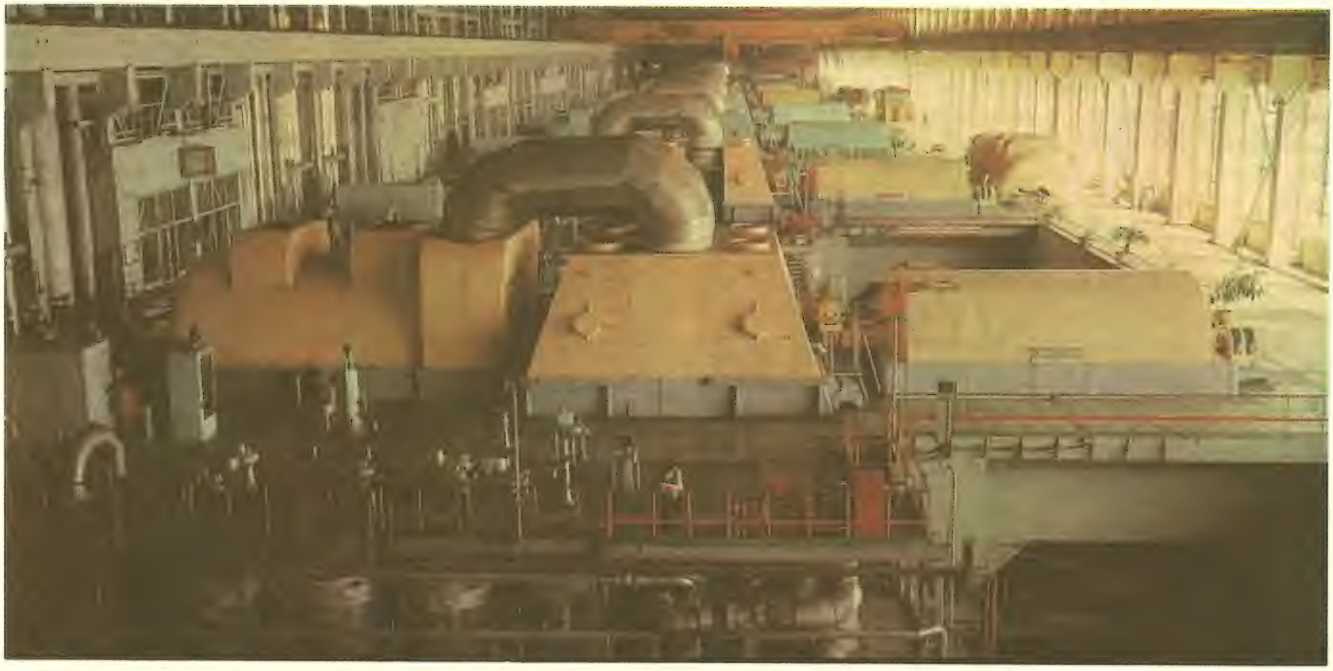
В отличие от воды он может приобрести кинетическую энергию (см. т. 3 ДЭ, ст. «Механика») только в том случае, если будет течь из области высокого давления в область низкого давления, иными словами — если будет расширяться. Как и у паровой машины, у турбины имеется конденсатор, давление в котором 0,0035—0,004 МПа, а давление в котле — 30 МПа, таким образом, пар расширяется почти в 10 тыс. раз! Технически невозможно создать турбину с одним рядом лопаток, которая бы обеспечила такое гигантское расширение. Поэтому в *одноступенчатой* турбине достаточно полно использовать энергию пара не удается, к. п. д. ее получается низким, и таких турбин сейчас не строят.

Многоступенчатая турбина несравненно лучше по своему к. п. д.: проходя мимо многочисленных рядов лопаток, пар расширяется постепенно, и, таким образом, его кинетическая энергия переходит в энергию вращения ротора более полно. Чем ниже давление, тем длиннее лопатки — сразу, глядя на ротор, можно сказать, в каком направлении будет идти пар.

Паровые турбины, как и гидравлические, подразделяют на *реактивные* и *активные*. В реактивных турбинах пар расширяется, проходя между лопатками направляющего аппарата и между лопатками ро-

Машинный зал тепловой электростанции с паровыми турбинами *(слева и в центре)* и турбогенераторами *(справа)*.

Внизу: общий вид тепловой электростанции (макет).



тора. У активных расширение происходит только в то время, когда пар проходит через направляющий аппарат (в одноступенчатых турбинах старой конструкции расширение происходило в специальных трубках — соплах).

Паровые турбины были изобретены в конце XIX в. В 1884 г. англичанин Ч. Парсонс создал реактивную, а в 1889 г. швед Г. Лаваль — активную турбину.

В нашей стране первая паровая турбина была изготовлена в 1924 г. на Ленинградском металли-

ческом заводе. Она использовала пар давлением 1,2 МПа при температуре 300° С и развивала мощность 2 МВт. На Ленинградском и Харьковском заводах выпускаются в настоящее время турбины мощностью 500 и 800 МВт, идет подготовка к созданию турбины в 1,2 ГВт, а в проектировании находятся турбины неслыханной мощности — около 2 ГВт! Советское турбостроение сегодня — это передовое турбостроение мира.

Паровые турбины используются сейчас на морских судах (мощность их сравнительно невелика: до 30 МВт) и для привода генераторов электростанций — именно для них-то и создаются турбины колоссальных мощностей.

К. п. д. современных турбин достигает 40—42%, он непрерывно повышается, хотя довольно-таки медленно.

Тепловая электростанция (ТЭС)

Первая в России тепловая электростанция с паровыми турбинами была построена в 1906 г. в Москве. Ее турбоагрегаты (турбины и электрогенераторы) развивали мощность всего 5 МВт. Сейчас на теплоэлектростанциях СССР работают турбоагрегаты мощностью до 800 МВт.

В первое время тепловые электростанции строились по такой схеме: из нескольких сравнительно маломощных котлов пар поступал в общую сеть, откуда он разводился по турбинам. Сейчас станции сооружаются по *блочной* схеме: мощный котел и турбина *(моноблок)* или два котла меньшей мощности и турбина (*дубль-блок*).

Когда тепловая электростанция с паровыми турбинами строится вдали от городов, то весь отработавший пар отводится в конденсаторы, где он превращается снова в воду и опять поступает в котел.

Такие электростанции называют *конденсационными.*

В городах и вблизи заводов — потребителей пара и горячей воды — электростанции не только вырабатывают электроэнергию, но и снабжают дома и заводы теплом. Такие электростанции называются *теплоэлектроцентралями (ТЭЦ).*

Пар, проходящий через лопатки турбины, в определенных местах частично выводят из турбин наружу и направляют либо на заводы, либо в теплообменники. Там перегретый пар отдает тепло воде и превращает ее во *вторичный* пар, который уже идет по трубам на заводы и в *бойлерные* — здания, где тоже установлены теплообменники, но иного типа. Там паром нагревается вода и идет в квартиры: в батареи центрального отопления и в краны горячей воды. ТЭЦ использует энергию, заключенную в топливе, в 2—3 раза экономичнее, чем конденсационная электростанция.

Кроме основных агрегатов — котлов, паровых турбин, электрических генераторов — на электростанциях имеется немало вспомогательных устройств. Это, во-первых, сооружения водоподготовки: ведь в котлы должна поступать не обычная вода, а особо чистая. Поэтому предварительно воду фильтруют, удаляют из нее соли кальция и магния (те самые, из-за которых в чайниках образуется накипь), иначе они быстро вывели бы из строя и котел и турбину, а также другие соли. Очищают воду и от малейших следов масла, и от растворенного в воде кислорода (он вызывает коррозию стальных труб и лопаток). На конденсационных электростанциях потребность в такой *подпиточной* воде относительно невелика, на ТЭЦ же она весьма значительна, особенно когда пар от турбин отбирается безвозвратно для нужд теплофикации.

Во-вторых, к вспомогательным службам относятся и установки топливоподготовки. На электростанциях, работающих на угле и торфе, топливо, перед тем как сжечь, превращают в мелкую пыль. Это делают на угольных и торфяных мельницах.

Для создания хорошей тяги устанавливают мощные дымососы, а чтобы очищать газы, уходящие в трубу, от золы, устраивают золоуловители и фильтры различных конструкций, в том числе и электрические.

До 1955 г. основным топливом у нас в стране был уголь, а сейчас все больше электростанций переводится на более выгодное топливо — природный газ. Запасы газа в нашей стране огромны, что и предопределяет его важную роль в производстве электроэнергии. Однако это вовсе не означает, что угольные электростанции постепенно исчезнут. Запасы угля весьма велики, особенно в Сибири, и там предполагается строительство новых мощных тепловых станций, энергия которых по линиям электропередачи будет идти в Центральную часть СССР и на Урал.

Тепловые электростанции вырабатывают около 80% всей электроэнергии как в нашей стране, так и во всем мире (вместе с атомными электростанциями, которые по сути тоже тепловые, но используют внутриядерную энергию урана или другого радиоактивного вещества). Доля их в производстве электроэнергии останется, судя по всему, неизменной до конца XX в.

В 1966 г. на юге Камчатки, в долине реки Паужетки, была пущена первая в СССР геотермическая электростанция.

На снимке: макет Паужетской геотермической электростанции.

Геотермические электростанции и гелиостанции

Геотермические электростанции используют внутреннее тепло Земли. На глубине 2—3 км от ее поверхности температура недр превышает 100° С. Циркулирующую на больших глубинах воду можно вывести на поверхность по буровым скважинам и использовать для теплотехнических целей. В вулканических районах термальные воды находятся ближе всего к поверхности Земли и имеют высокую температуру (часто они непрерывно выделяются там в виде пара). В нашей стране первая геотермическая ГЭС мощностью 5 МВт была пущена в 1966 г. на юге Камчатки — в районе вулканов Кошелева и Камбального, в долине реки Паужетки. В сепараторах от поступившей через буровую скважину воды отделяется пар. Он подается в турбины, а горячая вода с температурой около 120° С отводится для теплоснабжения близлежащих поселков. Станция очень проста по устройству, не требует топлива, а энергия, вырабатываемая ею, обходится много дешевле, чем энергия, которую дают местные дизельные электростанции.

За рубежом подобные станции строят в Италии, Новой Зеландии, США, Японии.

Гелиостанции работают на тепловой энергии солнечных лучей. Попытки использовать солнечную энергию относятся еще к середине XVIII в., а в 1912 г. близ Каира (Египет) была построена солнечная энергетическая установка мощностью около 45 кВт. Но гелиоустановки всецело зависят от Солнца. Работают они не более нескольких часов в сутки, да и то лишь в хорошую погоду. Поэтому к ним особый интерес проявляют главным образом космонавты: ведь в космосе всегда «день». Правда, на космических кораблях и станциях пока предпочитают использовать более совершенные полупроводниковые преобразователи солнечной энергии.

Двигатели, в которых работает пламя

Бензиновые двигатели

Еще французский физик Д. Папен, тот самый, который первым подметил могучую силу пара, пытался построить двигатель, использующий взрывчатую энергию пороха. Было это в 1687 г.

Лишь через 150 лет изобретатели вновь обратились к идее «взрывчатого» мотора. Бензин тогда не был известен, и единственно пригодным горючим был светильный газ, поэтому первые двигатели были газовые. В конце 30-х годов XIX в. на такой двигатель взял патент англичанин Барнетт, а француз Э. Ленуар в 1860 г. построил первый работающий газовый двигатель, напоминавший паровую машину: смесь газа и воздуха взрывалась попеременно — то с одной, то с другой стороны поршня.

Более удачную конструкцию в 1876 г. предложил немец Н. Отто. Он стал впускать горючую смесь лишь с одной стороны поршня — противоположной штоку. Это нововведение сразу решило массу конструктивных трудностей, с которыми сталкивались изобретатели, пытавшиеся превратить паровую машину в двигатель внутреннего сгорания.

Работа двигателя Отто протекала в *четыре такта*. Сначала (при движении поршня от головки цилиндра) смесь воздуха и горючего газа через клапан засасывалась в цилиндр, т. е. происходило *всасывание — первый такт*; потом (при ходе поршня в обратную сторону) клапан закрывался, смесь сжима-

Схема работы четырехтактного двигателя:
1-й такт — всасывание горючей смеси в цилиндр;
2-й такт — сжатие смеси при обратном ходе поршня;
3-й такт — рабочий ход;
4-й такт — выхлоп.

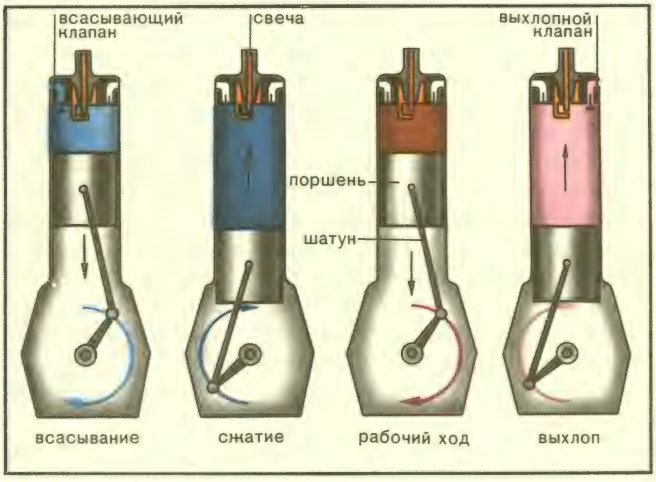
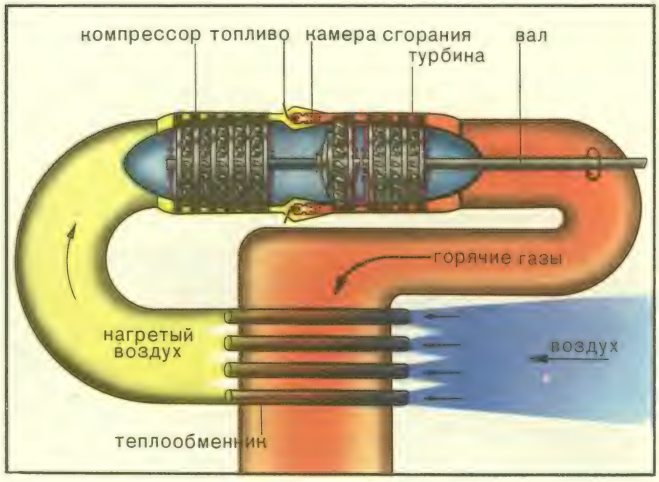


Схема газовой турбины.



лась — *сжатие — второй такт*. Далее смесь воспламенялась раскаленной электричеством платиновой проволокой, и расширяющиеся при горении газы толкали поршень, совершая механическую работу,— *рабочий ход — третий такт*. После этого поршень, двигаясь к головке цилиндра, выталкивал через другой клапан отработавшие продукты сгорания — *выхлоп — четвертый такт*. Этот принцип работы — всасывание, сжатие, рабочий ход и выхлоп — называется *четырехтактным циклом Отто*. Русский инженер О. С. Костович в 1880 г. и соотечественник Отто — инженер Г. Даймлер в 1886 г. заставили этот двигатель работать на бензине. Для этого они применили специальное устройство — *карбюратор*. В нем бензин испарялся, пары смешивались с воздухом и поступали в цилиндры двигателя. Современные бензиновые двигатели работают по циклу Отто.

Двигатели легких мотоциклов обычно не четырехтактные, а более простые, *двухтактные*, поэтому они обходятся без клапанов. При прочих равных условиях (число цилиндров, диаметр и ход поршня) двухтактный двигатель должен быть в 2 раза мощнее четырехтактного, но, как правило, из-за некоторых особенностей конструкции мощность двухтактного двигателя превышает мощность четырехтактного только в 1,5—1,6 раза.

Широко употреблялись, да употребляются и сейчас, *звездообразные авиационные двигатели* с воздушным охлаждением. Цилиндры (от 5 до 14) располагаются в виде многолучевой звезды вокруг коленчатого вала — отсюда и название. Мощность лучших звездообразных двигателей достигает 3—4 МВт. Применялись в авиации также двигатели с водяным охлаждением. В СССР авиадвигатели этих двух типов создавали конструкторы А. Л. Швецов, А. А. Микулин, В. Я. Климов.

Дизельные двигатели

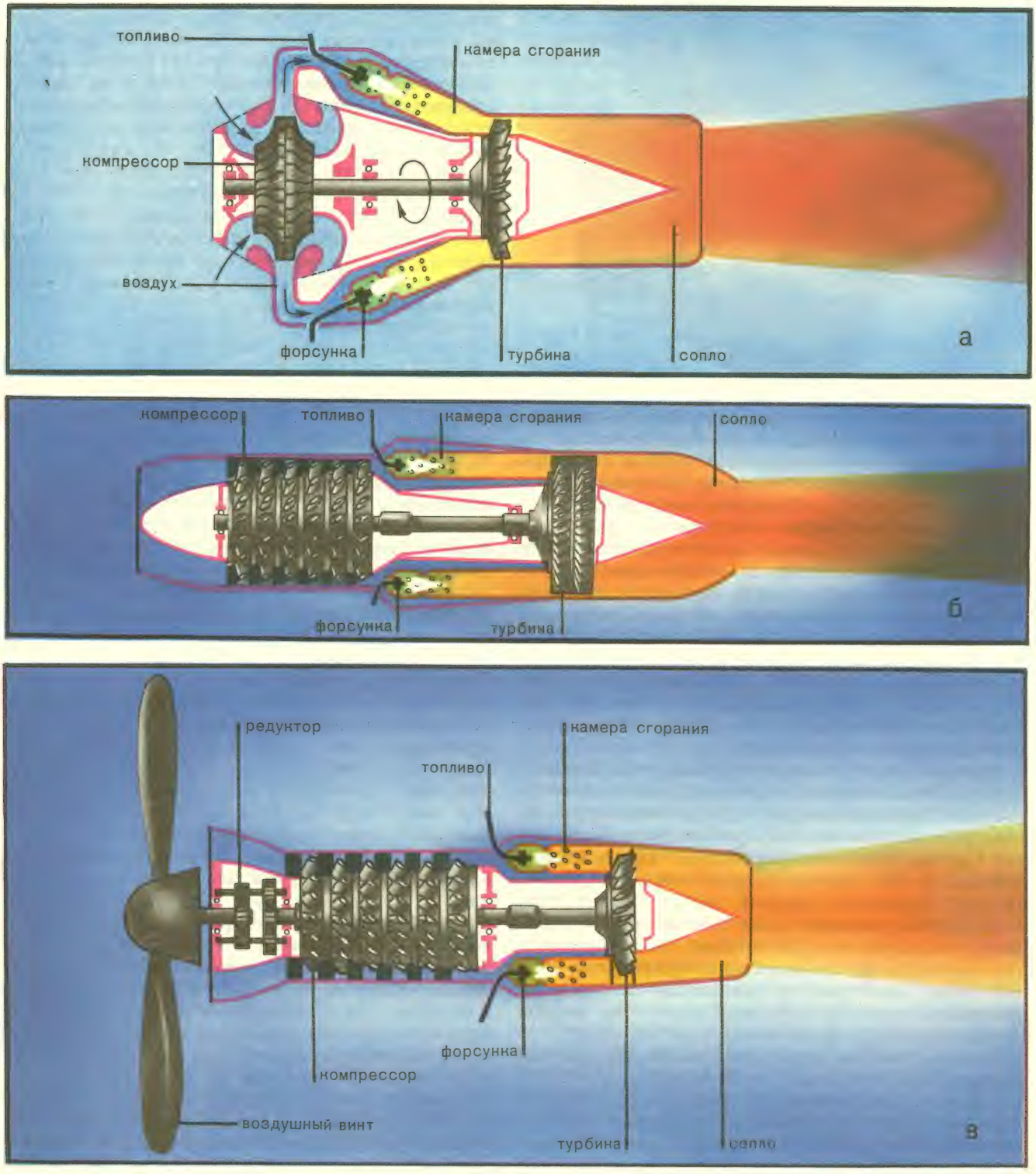
В 1897 г. немецкий инженер Р. Дизель (см. ст. «Рудольф Дизель») предложил двигатель с *воспламенением от сжатия*, который мог бы работать не только на бензине, но и на любом другом топливе: керосине, нефти. Такие двигатели назвали дизелями.

Тракторные и автомобильные дизели выпускаются мощностью от 15 до 750 кВт, дизели для передвижных и стационарных электростанций имеют мощность до 60—70 МВт, а мощность дизелей, устанавливаемых на морских и океанских судах,— до 45 МВт. В 30—40-х годах делались попытки применить дизели на самолетах-бомбардировщиках. Очень удачны оказались дизели в качестве танковых двигателей.

Газовая турбина

Идея турбины, в которой вместо пара работали бы *горячие газы*, образующиеся при сгорании топлива, была высказана еще в конце XVIII в. В 1900 г. русский инженер П. Д. Кузьминский построил первую работающую турбину такого типа. В 1939 г. в нашей стране была создана газовая турбина мощностью 750 кВт. Однако у всех этих машин был общий недостаток — недолговечность. Лопатки турбины омываются потоком горячих газов, температура которых

Вверху и *в середине:* турбореактивные двигатели (ТРД). Тяга в них создается за счет реакции выходящей из сопла струи газа: *а* — турбореактивный двигатель с центробежным компрессором; *б* — турбореактивный двигатель с осевым компрессором. *Внизу:* турбовинтовой двигатель; силу тяги в нем в основном создает воздушный винт *(в)*.



Дизель. Двигатели этого типа стоят на тракторах, автомобилях, танках, передвижных электростанциях.

близка к 1000° С. В те годы не существовало сплавов, хоть сколько-нибудь долго выдерживавших и менее высокие температуры. Сейчас же, благодаря успехам металлургии, лопатки турбин выдерживают и до 1300° С — газовые турбины стали надежно работать многие тысячи часов без аварий.

Мощность газотурбинного двигателя много выше мощности поршневого при тех же размерах и той же массе. Это чрезвычайно важно для авиации, и именно там газовая турбина нашла широкое применение для *турбореактивных* и *турбовинтовых двигателей*.

Газовые одно- или двухступенчатые турбины мощностью от 75 до 750 кВт ставят на автомобилях: менее мощные — на легковых, более мощные — на автобусах, грузовиках и тракторах. Экспериментальные машины уже созданы.

Газовые многоступенчатые турбины мощностью от 2 до 6 МВт применяются на локомотивах — *газотурбовозах*. Турбина вращает электрогенератор, а от него работают тяговые электродвигатели. Для запуска турбины ставят вспомогательный дизель мощностью около 200 кВт: он раскручивает ее, пока компрессор не начнет подавать воздух. Кроме того, этот дизель выполняет роль основного двигателя, когда локомотив идет без состава. Газотурбовоз при той же мощности, что и тепловоз, примерно на 25% легче его, вдвое короче, долговечнее и надежнее. К сожалению, газовые турбины стоят пока дорого, это сдерживает их применение.

Газовые турбины используют также для привода воздуходувок доменных печей, компрессоров магистральных газопроводов, по которым идет природный газ. Существуют морские суда с газотурбинными установками, причем в нашей стране построен один из наиболее крупных судовых двигателей этого класса. Наконец, газовые многоступенчатые турбины устанавливают на электростанциях. Их к. п. д. достигает 42%, мощность — до 100 МВт (1972 г., Ленинградский металлический завод). Они успешно конкурируют с паровыми турбинами, выгодно отличаясь от них простотой конструкции: ведь отпадает нужда в паровом котле.

Схема работы газотурбинного двигателя очень проста. Воздух сжимается компрессором и под давлением подается в камеру сгорания. Туда же, и тоже под давлением, впрыскивают горючее и поджигают его. Горячие газы выходят из камеры, вращают турбину, а турбина через вал вращает компрессор, сжимающий воздух.

Реактивный и ракетный двигатели

Авиационный реактивный двигатель тоже состоит из компрессора, камеры сгорания и турбины.

Компрессоры бывают *центробежные* и *осевые*. В центробежном воздух отбрасывается лопастями по радиусу от оси колеса. Возле оси лопасти делаются широкими, а ближе к краю колеса они становятся все у́же и у́же. Поэтому воздух, проходя между ними, сжимается: ведь проход для него по мере движения от оси к краю колеса становится все меньше. В последние годы, однако, двигатели строят не с центробежными компрессорами, а с осевыми, поскольку характеристики осевых компрессоров лучше. Такой компрессор — это «турбина наоборот». Если в турбине пар или газ проходит от маленьких лопаток к большим и непрерывно расширяется, то в компрессоре воздух идет вдоль оси от больших лопаток к маленьким и при этом сжимается.

Выйдя из компрессора, воздух разделяется на два потока. Примерно $^1/_5$ его поступает в камеры сгорания, а $^4/_5$ проходит мимо. В камерах установлены форсунки, из которых в виде тонкой пыли подается горючее. Оно смешивается с воздухом и горит, подожженное запальным устройством; температура в камере сгорания — около 2300 К. Газ такой высокой температуры подавать на колесо турбины нельзя: ее лопатки просто расплавятся. Поэтому горячие газы, выйдя из камер, смешиваются с воздухом, и температура их уменьшается до 1000—1600 К.

Охлажденные до требуемой температуры, газы поступают в турбину — одноступенчатую или многоступенчатую. Практически ее мощность уходит на то, чтобы вращать компрессор и подавать воздух в

двигатель. Для этого колеса турбины и компрессора обычно размещают на одном валу.

Отдав часть своей энергии турбине, газы устремляются в выходное отверстие — *сопло*. Там они окончательно расширяются и разгоняются до высокой скорости: ведь от их скорости, как и от массы сгоревшего топлива, зависит реактивная тяга двигателя. Полностью, однако, использовать их энергию не удается. Газы покидают двигатель все еще довольно горячими, поэтому его к. п. д. всего около 25%. Самолеты с таким двигателем развивают скорость свыше 2500 км/ч.

Двигатель, о котором шла речь, называется *турбореактивным*. Он развивает тягу только за счет *силы реакции* (силы отдачи) струи газов, вырывающихся из сопла. Но есть двигатели и других типов: турбовинтовые и турбовентиляторные. Они устроены в основном так же, как и турбореактивный, но впереди у них, перед компрессором, находится или воздушный винт, или воздушный вентилятор.

Воздушный винт *турбовинтового* двигателя создает 90% тяги, а реактивная струя — только 10%. Винт вращается от турбины через редуктор — зубчатую передачу, понижающую частоту вращения. Это сделано потому, что винт должен вращаться раз в десять медленнее турбины. Турбовинтовые двигатели пригодны для скоростей, не превышающих 800 км/ч. Дальше тяга винта падает, и экономичность двигателя ухудшается.

У *турбовентиляторного* двигателя вместо винта из 4—8 лопастей стоит многолопастный вентилятор, немного напоминающий колесо компрессора. Этот вентилятор прогоняет воздух через кольцевой канал, окружающий корпус двигателя. Таким образом, засасываемый в двигатель воздух движется двумя путями: по кольцевому каналу и параллельно ему через компрессор, камеры сгорания и турбину. Тяга создается одновременно и потоком горячих газов, и за счет воздуха, выходящего из кольцевого канала. Самолеты с такими двигателями — их называют еще *двухконтурными* — развивают скорость до 1000 км/ч и даже выше и довольно экономичны.

Ракетный двигатель развивает тягу благодаря тому, что он отбрасывает назад мощный поток горячего *газа*, иными словами — благодаря *силе реакции*. Поэтому более правильно было бы называть такие двигатели тоже *реактивными*, как и двигатели самолетов, однако название сложилось исторически, да, кроме того, оно удобно, потому что сразу позволяет понять, о каких двигателях идет речь: самолетных или ракетных.

Самолет летает в воздухе и несет на себе лишь запас горючего, а окислителем ему служит кислород воздуха. А ракетные двигатели рассчитаны на работу главным образом в космосе и в высоких слоях атмосферы, где обычному воздушно-реактивному двигателю не хватает для работы кислорода. Ракету «начиняют» и горючим и окислителем — в этом принципиальное отличие ракетных двигателей (РД) от воздушно-реактивных. О том, как устроен ракетный двигатель и как он работает, вы прочтете в статье «Мощной ракетой-носителем выведен...».

Электростанции на двигателях внутреннего сгорания

Электростанции, в которых генераторы тока приводятся в движение дизелями, бензиновыми двигателями, газовыми турбинами и отслужившими свой срок авиационными реактивными двигателями, вносят не слишком большой вклад в общую выработку электроэнергии. Однако в некоторых случаях они важны, и прежде всего потому, что электростанция с двигателем внутреннего сгорания всегда готова к работе и нуждается лишь в топливе и смазке. Для нее не нужно строить плотину на реке, не нужно возводить котельную. Для крупной *дизельной* или *газотурбинной электростанции* необходимо, правда, построить здание. Но для станции менее мощной и этого не требуется: она смонтирована в фургоне или просто на железной раме с полозьями-санями и работает под открытым небом.

Передвижные электростанции незаменимы при освоении новых месторождений полезных ископаемых, строительстве новых городов. Одна из последних электростанций с самолетным реактивным двигателем, выпущенная у нас в стране, снабжена теплообменником, в котором горячие выхлопные газы отдают свое тепло воде: довольно крупный поселок получает не только электроэнергию, но и горячую воду.

Электростанция с двигателем внутреннего сгорания запускается за считанные минуты, тогда как пуск паровой турбины длится несколько часов. Стало быть, дизельная и газотурбинная электростанции могут быстро прийти на помощь тепловой электростанции, когда повысится потребление электроэнергии (такое повышение происходит обычно вечером). Именно для этих целей и строят в последнее время все больше и больше газотурбинных установок. В 1970 г. их общая мощность во всем мире достигала 2 ГВт. В СССР начат выпуск газовых турбин в 100 МВт — самых крупных в мире (1972).

Электрический ток

В электротехнике используются два вида тока — постоянный и переменный (см. т. 3 ДЭ, ст. «Электричество и магнетизм»).

Постоянный ток

Первые машинные генераторы постоянного тока были созданы в начале 50-х годов XIX в., а через 20 лет уже выпускались промышленные генераторы, а также электродвигатели постоянного тока, дуговые осветительные лампы и лампы накаливания. Однако передавать ток низкого напряжения (100—200 В) на расстояние свыше 2 км невыгодно: слишком велики будут потери в проводах. Чтобы снизить потери, надо увеличивать напряжение, но тогда возникает другая трудность: прикосновение к проводу, находящемуся под высоким напряжением, опасно для жизни. Как же эти провода ввести в дома, на фабрики и заводы? Ведь нельзя же подвергать людей опасности! Проблему можно было бы решить, если бы высокое напряжение можно было превращать в низкое, но для постоянного тока это связано с большими сложностями. Вот почему во времена постоянного тока строились мелкие электростанции, питавшие небольшие районы; в городе бывало по нескольку таких станций, работавших совершенно обособленно. Ни о каком соединении их в общую систему не могло быть и речи. Трудности, связанные с передачей постоянного тока на большое расстояние, сдерживали его широкое применение, поэтому уже в первое десятилетие XX в. он был практически повсеместно вытеснен переменным током, напряжение которого можно легко изменять.

Однако в последнее время постоянный ток применяется довольно широко: в металлургии, химическом производстве, на транспорте (электродвигатели трамваев, троллейбусов, поездов метро, электровозов). Получают его из переменного тока с помощью выпрямителей (см. ст. «Промышленная электроника: электроны и ионы за работой»).

Переменный ток

Одним из первых применений переменного тока было освещение. В 1876 г. русский электротехник П. Н. Яблочков изобрел дуговую лампу *(свечу Яблочкова)* и, чтобы угли сгорали в ней равномернее, стал питать ее переменным током от машинного генератора. Однако в те годы напряжение переменного тока не умели изменять по желанию, а следовательно, его тоже трудно было передавать на большое расстояние. Лишь после того как были разработаны преобразователи напряжения — *трансформаторы,* переменный ток стал завоевывать позиции.

Схема передачи переменного тока такова. Ток низкого напряжения, вырабатываемый генератором, по-

Машинный зал ГЭС с гидрогенераторами.
В середине: разрез гидрогенератора.
Внизу: макет мощного турбогенератора.

дается на трансформатор, преобразуется в нем в ток высокого напряжения, далее по *линии электропередачи* поступает к месту потребления энергии, здесь преобразуется трансформатором в ток низкого напряжения, после чего поступает к потребителям (см. ст. «Линии электропередачи (ЛЭП)»).

До 90-х годов XIX в. использовался *однофазный ток,* иными словами, от генератора к потребителю шла линия из двух проводов (кстати, в наших квартирах мы пользуемся именно однофазным током). Однако попытки создать мощные электродвигатели однофазного тока оказались неудачными, и долгое время переменный ток применялся главным образом для освещения. Но в конце 80-х годов XIX в. итальянский ученый Г. Феррарис и американский электротехник, серб по происхождению, Н. Тесла практически одновременно и независимо друг от друга разработали теоретические вопросы использования *многофазного тока.* К потребителю должно поступать не одно, а несколько переменных напряжений, одинаковых по размеру, но различающихся по фазе. Это означает, что перемена полярности напряжений происходит у них не одновременно, а в разные моменты времени. Феррарис и Тесла доказали теоретически и практически, что с помощью многофазного тока можно создать *вращающееся магнитное поле,* которое будет вращать роторы электродвигателей переменного тока так же хорошо, как постоянное магнитное поле — роторы двигателей постоянного тока, но двигатели при этом станут более простыми по конструкции.

В 1889—1891 гг. русский электротехник М. О. Доливо-Добровольский предложил систему *трехфазного тока,* быстро завоевавшую всемирное признание. Он разработал схемы и конструкции генераторов, трансформаторов, линий электропередачи, высоковольтных выключателей, измерительных приборов и электродвигателей. После работ М. О. Доливо-Добровольского практически вся электротехника стала электротехникой трехфазного тока. Поэтому все, о чем будет идти речь в дальнейшем, относится по большей части к переменному току.

Слагаемые энергосистемы

Электрогенераторы

Генераторы электрического тока — это устройства для преобразования различных видов энергии (механической, химической, тепловой, световой) в электрическую. Электрогенераторы, работающие с гидротурбинами, называют *гидрогенераторами,* а те, что работают с паровыми турбинами,— *турбогенераторами.* Они весьма отличаются и по внешнему виду, и по конструкции, однако любой генератор тока состоит из двух основных частей — вращающегося *ротора* и неподвижного *статора.* На роторе наматывается обмотка возбуждения, питаемая постоянным током от небольшого генератора или от выпрямителя. Благодаря обмотке возбуждения ротор превращается в электромагнит, который возбуждает при вращении переменный ток в обмотке статора.

Статор *гидрогенератора* изготовлен из тонких — 0,35—0,5 мм — листов электротехнической стали, набранных в пакет и скрепленных болтами. Он крепится к фундаменту. Ротор собран из толстых стальных листов и насажен на вал, который соединяется с валом турбины. Гидрогенераторы обычно изготовляют с вертикальной осью вращения. Диаметр ротора наиболее крупных гидрогенераторов достигает 16 м, масса — 1640 т. Обмотки ротора охлаждаются потоком воздуха, обмотки статора — воздухом или водой. Вращаются роторы гидрогенераторов с частотой 50—150 об/мин, в зависимости от напора и конструкции гидротурбины. Самые мощные в мире гидрогенераторы изготовляют в СССР: до 508 МВт (1972 г., Красноярская ГЭС), а спроектированы генераторы на 650 МВт (для Саяно-Шушенской ГЭС).

Мощность одного такого генератора равна мощности Днепрогэса!

Напряжение, вырабатываемое гидрогенератором,— от 6 до 16 кВ. В 1966 г. в нашей стране построен экспериментальный высоковольтный генератор напряжением 110 кВ. Это напряжение без трансформаторов можно сразу подавать в линию электропередачи.

В гидрогенераторах с вертикальной осью вращения ротор опирается на особый подшипник — *подпятник* (см. ст. «Узлы и детали машин»). Подпятник нахо-

дится в масляной ванне. Масло смазывает и одновременно охлаждает подшипник. Роль подпятника исключительно ответственна: на него опираются при разгоне и остановке ротор и висящая внизу турбина, т. е. масса, достигающая порой 3000 т. Кроме подпятника имеются еще направляющие подшипники, охватывающие вал гидрогенератора и удерживающие ротор радиального перемещения.

Турбогенераторы, даже самые мощные, изготавливаются только с горизонтальной осью вращения.

Ротор турбогенератора — это массивный сплошной цилиндр диаметром до 1,3 м. В нем проделаны пазы, в которые уложена обмотка возбуждения. Частота вращения его — 3000 или 1500 об/мин.

На статоре размещена обмотка переменного тока. Она вырабатывает напряжение от 400 В до 27 кВ, в зависимости от конструкции генератора. В нашей стране созданы турбогенераторы мощностью 800 МВт (1971), а создаются турбогенераторы мощностью 1200 МВт.

Внутри герметичного корпуса турбогенератора циркулирует водород. Теплопроводность водорода в 6 раз выше, чем воздуха, поэтому генератор лучше охлаждается, и его мощность при тех же размерах, что и генератора с воздушным охлаждением, увеличивается. Созданы в нашей стране и турбогенераторы с водяным охлаждением ротора. Обмотки статора охлаждают водородом, водой или маслом. Для этого провода делают полыми и в них пропускают охлаждающую жидкость или газ.

Трансформаторы

Трансформатор (преобразователь) преобразует ток одного напряжения в ток другого напряжения. Он состоит из *сердечника,* набранного из тонких стальных листов (подобных листам статора электрогенератора), на который наматывают две обмотки — *первичную* и *вторичную.* На первичную обмотку подают напряжение, которое нужно трансформировать, а со вторичной снимают преобразованное напряжение. Напряжения на первичной и вторичной обмотках соотносятся так же, как и число витков на этих обмотках. Если на вторичной обмотке витков больше, трансформатор называется *повышающим,* если меньше — *понижающим.* Между генератором и линией электропередачи включают *повышающий* трансформатор, а между линией и потребителем электроэнергии — *понижающий.*

Во время работы трансформаторы нагреваются, поэтому их приходится охлаждать: маломощные — просто воздухом, а мощные — минеральным маслом. Для этого сердечник с обмотками погружают в масло, а снаружи корпуса делают масляные радиаторы, через которые прогоняют вентиляторами холодный воздух или пропускают воду.

Мощность трансформаторов достигает 1000 МВт, а напряжение повышающих обмоток — 750 кВ. Проектируются и изготовляются опытные трансформаторы на напряжение более 1000 кВ. Размеры стального сердечника и обмоток увеличиваются по мере роста мощности трансформатора и напряжения, на которое он рассчитан. Вот почему часто трансформаторы — грандиозные сооружения массой в сотни тонн.

Выключатели

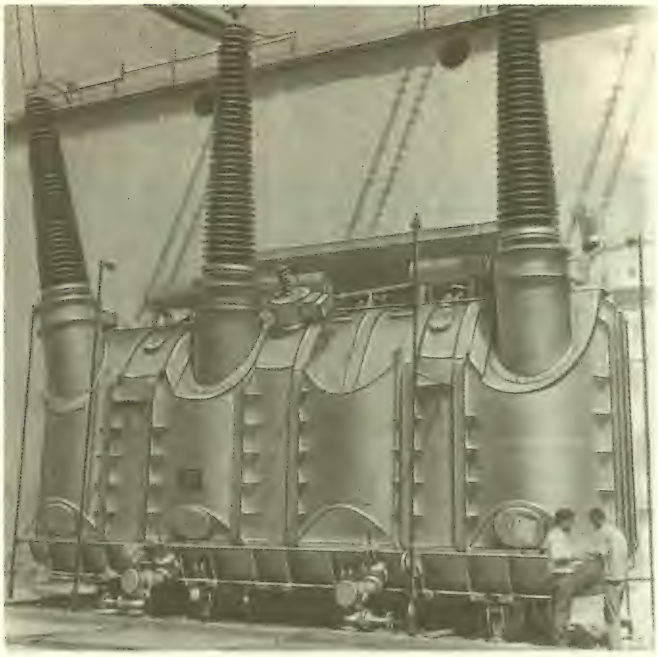
Чтобы подключать трансформаторы к линиям электропередачи, генераторам и потребителям (а также отключать), используют *выключатели высокого напряжения.* Они срабатывают или с помощью дистанционного управления по сигналу диспетчера энергосистемы, или автоматически. Если произойдет авария — ударит молния в линию, оборвется провод или возникнет короткое замыкание, выключатель за сотые доли секунды отключит линию, спасая трансформатор и генератор от перегрузки. При отключении между его контактами возникает электрическая дуга. Она может разрушить выключатель. Поэтому ее сейчас же гасят: например, разрывают мощной струей сжатого воздуха.

Трансформаторы, выключатели и другие вспомогательные устройства устанавливают на *трансформаторных подстанциях.*

Линии электропередачи (ЛЭП)

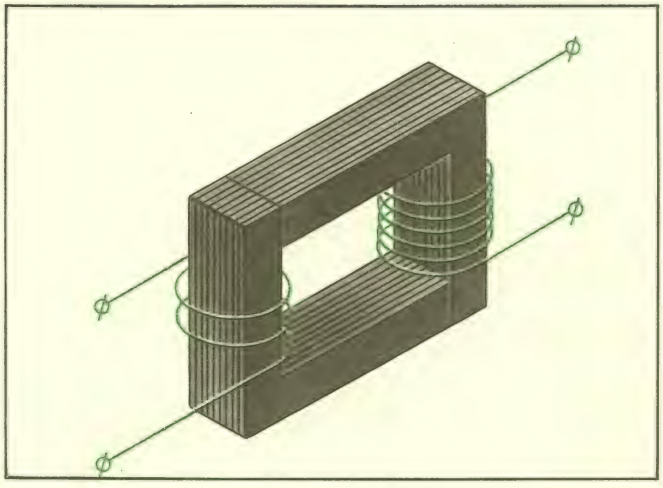
Электростанции связаны с потребителями электроэнергии либо воздушными линиями передачи, либо кабельными.

Воздушные линии электропередачи — это провода, подвешенные на гирляндах изоляторов к столбам



Слева: современный мощный трансформатор.

Принципиальная схема трансформатора.



Внизу: воздушные линии электропередачи (ЛЭП) связывают электростанции с потребителями: городами, селами и предприятиями.

или мачтам — *опорам*. Провода делают главным образом алюминиевые со стальным сердечником, а также медные и бронзовые. Изоляторы в гирляндах бывают фарфоровые и стеклянные (число их в гирлянде зависит от напряжения, например для 1200 кВ — 40 штук), опоры — деревянные, стальные и железобетонные.

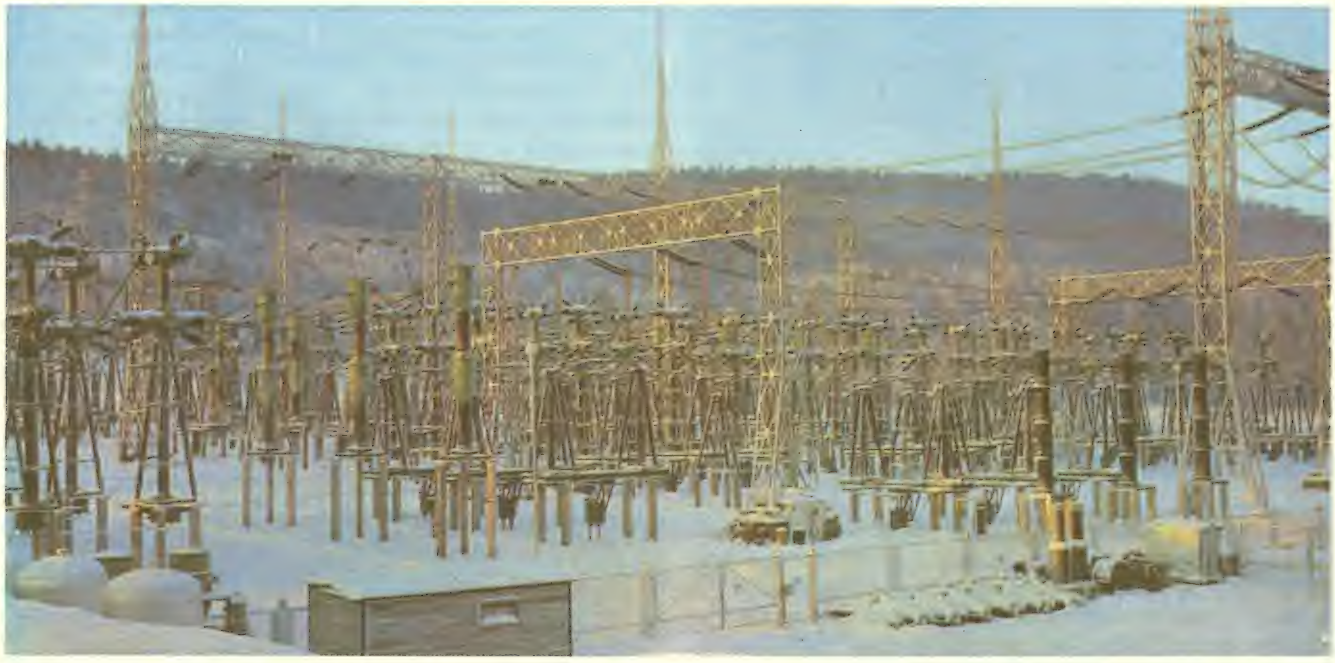
Первая линия передачи постоянного тока была построена в Германии в 1882 г. (длина — 57 км, напряжение — 1,5—2 кВ), первая линия передачи переменного тока — в 1891 г. также в Германии (длина — 170 км, напряжение — 15 кВ). Впоследствии линии передачи сооружались во всех странах.

Линии постоянного тока до 1950 г. были забыты и вообще не строились. Однако в последние годы интерес к ним вновь появился. Оказалось, что передавать электроэнергию на расстояние свыше 1000—1200 км с помощью постоянного тока напряжением 800—1500 кВ выгоднее, чем с помощью переменного. Линии оказываются дешевле, хотя на трансформаторных подстанциях появляются новые электроустановки: *выпрямители* и *преобразователи* (см. ст. «Промышленная электроника: электроны и ионы за работой»).

Выпрямители превращают переменный ток высокого напряжения, снятый со вторичной обмотки трансформатора, в постоянный, который поступает в линию. На конце линии электропередачи устанавливают преобразователь — *инвертор*, превращающий постоянный ток снова в переменный, который подается на первичную обмотку понижающего трансформатора.

В СССР сооружены 470 тыс. км линий электропередачи (1972) напряжением от 35 до 750 кВ переменного тока и экспериментальная 500-километро-

Общий вид открытого распределительного устройства подстанции. *Слева на переднем плане* — высоковольтные выключатели.



вая линия напряжением 800 кВ постоянного тока. Проектируются и будут построены линии напряжением 1200 кВ переменного и 1500 кВ постоянного тока, а в перспективе — 2200 кВ постоянного тока. Наша страна первой готовится к сооружению линий с такими небывалыми напряжениями.

Зачем нужны столь высокие напряжения? Дело в том, что *с ростом напряжения уменьшаются потери в линии*. Ведь потери зависят от силы тока, а по мере роста напряжения (при той же мощности) сила тока в линии падает. И хотя оборудование становится дороже, линии с высоким напряжением выгодны, особенно для больших расстояний (2000—3000 км) и больших передаваемых мощностей. Для нашей страны такие линии особенно нужны и выгодны, потому что запасы топлива и мощные тепловые и гидравлические электростанции далеко не всегда расположены вблизи крупных промышленных центров и городов и электроэнергию приходится передавать на далекие расстояния.

Для более коротких расстояний и меньших мощностей применяют и меньшие напряжения: 750, 500, 400, 330, 220, 150, 110 и 35 кВ.

Чтобы ввести ток высокого напряжения в города и распределить его там по трансформаторным понизительным подстанциям, прокладывают *кабельные линии передачи*.

Кабель напряжением от 6 до 35 кВ — это обычно три алюминиевых провода *(жилы)*, заключенные в изоляцию из бумаги или пластмассы. Сверху все они защищены стальной лентой — *броней*.

Кабели, рассчитанные на более высокое напряжение, устроены иначе: медные жилы, покрытые изоляцией, прокладываются в стальной трубе, заполненной минеральным маслом. Для вводов в города используют кабели напряжением 110 и 220 кВ, а для преодоления широких рек, через которые воздушные линии протянуть бывает просто невозможно или невыгодно, обычно применяют кабели напряжением до 500 кВ.

Очень перспективны для передачи больших мощностей кабели, проложенные в трубах, наполненных жидким водородом или жидким гелием. При температуре жидкого водорода 20 К сопротивление медного провода падает в 800—1400 раз, алюминиевого — в 500—2400 раз (все зависит от степени чистоты металла). Значит, во столько же раз уменьшаются потери. И хотя какую-то часть энергии придется тратить на то, чтобы получать жидкий водород и добавлять его взамен испаряющегося, в целом такая линия окажется выгодной. При температуре жидкого гелия 4 К такие металлы, как олово или ниобий, становятся сверхпроводниками — вообще теряют сопротивление, стало быть, и потери в линии будут равны нулю. Сложность, правда, здесь в том, что жидкий гелий пока еще очень дорог. Однако ученые считают, что к концу XX в. такие линии уже войдут в строй.

Наконец, вполне возможны и *волноводные линии передачи*. Волновод — это труба с посеребренными стенками, по которой с весьма малыми потерями могут распространяться электромагнитные волны с частотой несколько гигагерц. Преобразователи постоянного тока в ток такой сверхвысокой частоты (правда, относительно небольшой мощности) уже созданы. Полагают, что волноводные линии смогут найти применение через 30—50 лет для передачи больших мощностей на расстояние до 1000 км.

Электродвигатели

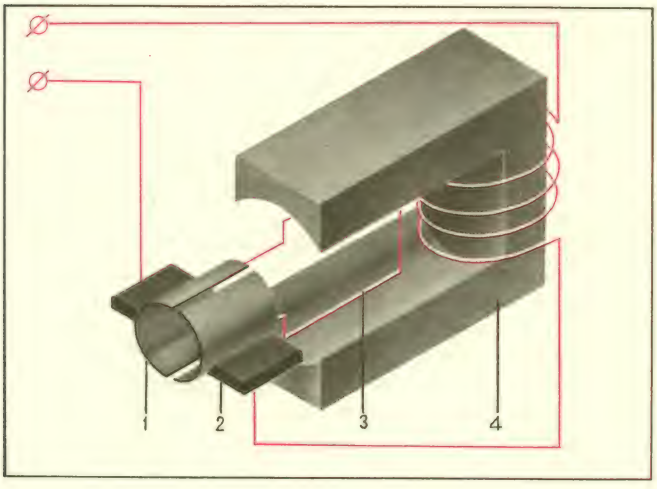
Электродвигатель — это машина для преобразования электрической энергии в механическую. Электродвигатель, как и генератор, состоит из ротора и статора с обмотками. Если к обмоткам статора подвести электрический ток, то возникнет магнитное поле, и ротор электродвигателя начнет вращаться. Чтобы подвести ток к обмотке ротора *электродвигателя постоянного тока,* используют *коллектор* — барабан с множеством медных пластин.

К пластинам подключены витки обмотки ротора, а снаружи с ними соприкасаются угольные контакты — *щетки*. Через щетки ток поступает в ту часть роторной обмотки, которая находится в этот момент против полюсов статора. Магнитное поле полюсов, образованное статорной обмоткой, стремится вытолкнуть провод с током из области, занимаемой полем, и тем самым приводит электродвигатель во вращение, так как на место вытолкнутых частей обмотки все время подходят новые и новые. Мощность и частоту вращения двигателя постоянного тока легко регулировать, изменяя силу тока в обмотках. Поэтому двигатели эти широко распространены на электротранспорте.

Двигатели переменного тока бывают синхронные и асинхронные.

Синхронный электродвигатель — это «генератор наоборот». Иными словами, в его статорную обмотку подается трехфазный ток, а в роторную — постоянный ток (через *контактные кольца* и *щетки*). Обмотки статора создают вращающееся магнитное поле. Это поле увлекает за собой ротор: ведь после подачи постоянного тока он превратился в обыкновенный электромагнит. Частоты вращения поля и ротора строго одинаковы, *синхронны* — отсюда и название. Синхронный двигатель способен, не изменяя частоты вращения, выдерживать перегрузку,

Мощный электродвигатель постоянного тока. *Внизу:* его принципиальная схема. *1* — коллектор; *2* — щетки; *3* — обмотка ротора; *4* — электромагнит.



превышающую в 2—3 раза его нормальную мощность. Однако, остановившись, он сам в ход не пойдет: его нужно пустить, особым образом переключая обмотки статора. Это, а также довольно сложная конструкция — его недостатки. Кроме того, нужно иметь источник постоянного тока для питания ротора. Поэтому синхронные двигатели применяются ограниченно. Мощность их достигает тысяч киловатт.

Асинхронный электродвигатель (т. е. несинхронный) называется так потому, что частота его вращения не соответствует частоте вращения поля: ротор

Ленинский план электрификации России и его осуществление.

слегка отстает. И с ростом нагрузки частота вращения двигателя уменьшается.

Часто асинхронные двигатели делаются с короткозамкнутым ротором: обмотку его выполняют в виде «беличьей клетки» — из медных или алюминиевых стержней, соединенных двумя медными или алюминиевыми кольцами. Ток в эту обмотку не подается, а возникает «сам собой». Когда двигатель включают, вращающееся магнитное поле возбуждает в «беличьей клетке» ток (точно так же, как возбуждается ток во вторичной обмотке трансформатора), а этот ток порождает свое магнитное поле. Дальше все происходит, как в синхронном электродвигателе: благодаря взаимодействию полей ротор начинает вращаться. А частоты вращения поля и ротора разные вот почему: если бы это было не так, в роторной обмотке перестал бы наводиться ток и ротор не мог бы вращаться. Ведь чтобы в стержнях обмотки ротора появился ток, нужно, чтобы магнитные силовые линии поля статора пересекали эти стержни. А это возможно только в том случае, если частоты вращения поля и ротора разные.

Существуют асинхронные электродвигатели с обмоткой ротора и иной конструкции: она выведена на контактные кольца, подобно обмотке синхронного двигателя, и в нее подают переменный ток. Частоту вращения таких электродвигателей можно в незначительных пределах регулировать, изменяя силу тока в обмотке ротора.

Электрические сети и системы

Потребность в электроэнергии все время меняется: летом она меньше, чем зимой; днем, а особенно вечером — больше, чем под утро. Но наша страна огромна: когда во Владивостоке 8 ч утра, в Москве — 1 ч ночи. Значит, в одно и то же время одни электростанции работают с полной нагрузкой, а другие должны уменьшать выработку. Кроме того, очень часто в крупных городах, где много потребителей электроэнергии, необходимо иметь некоторый запас мощности для покрытия пиков нагрузки. А там, где нет

крупных потребителей энергии, мощность существующих электростанций не используется до конца. Значит, возникает необходимость в передаче электроэнергии из одних районов страны в другие, или, иначе, *во взаимной помощи электростанций.*

Наконец, для экономичной работы разные типы электростанций должны использоваться в разных режимах. Теплоэлектроцентраль, например, должна все время вырабатывать энергию. Ее не остановишь: нельзя прекращать снабжение жилых домов и заводов горячей водой и паром. Зато обычную теплоэлектростанцию — конденсационную — можно остановить, когда потребность в энергии падает. Правда, чтобы снова пустить ее турбогенераторы, потребуется несколько часов, но это не страшно, поскольку время пуска можно заранее предусмотреть графиком суточного потребления энергии. Гидроэлектростанции и газотурбинные электростанции наиболее легко управляемы. Пуск и остановка их турбин занимают несколько минут. Все это учитывают при составлении плана выработки электроэнергии.

Вот как происходит, например, зимой работа энергосистемы центра нашей страны. Основную долю энергии в течение суток вырабатывают теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), а часть энергии — конденсационные станции. Когда потребление увеличивается, подключаются постепенно все новые и новые агрегаты конденсационных станций и резервные агрегаты ТЭЦ. Когда все резервы мощности исчерпаны, приходят на помощь гидростанции Средней Волги, а потом Нижней Волги. Когда нужда в энергии падает, отключение происходит в обратном порядке.

Первые энергетические объединения в СССР по плану ГОЭЛРО были созданы в 1921 г. в Москве (МОГЭС) и Петрограде («Электроток»). В последующие годы по этому плану сооружались и другие системы.

К 1965 г. закончилось формирование крупнейшей в нашей стране энергетической системы Европейской части СССР. Она объединяет энергосистемы Урала, Центра, Северо-Запада, Среднего Поволжья, Юга, Северного Кавказа и Закавказья, Сибири и Средней Азии — свыше 500 электрических станций. Менее масштабные, но весьма важные энергетические системы сооружены в Казахстане и Средней Азии.

Все эти энергосистемы управляются из центральных диспетчерских пунктов, которым подчинены диспетчерские более мелких частей энергосистемы.

Пройдет некоторое время, и все эти энергосистемы сольются в *Единую энергетическую систему СССР* (ЕЭС) — крупнейшую в мире.

Нельзя не упомянуть и еще об одной важной энергетической системе — «Мир», объединяющей электростанции западных районов СССР и социалистических стран Восточной Европы.

Прирученный атом

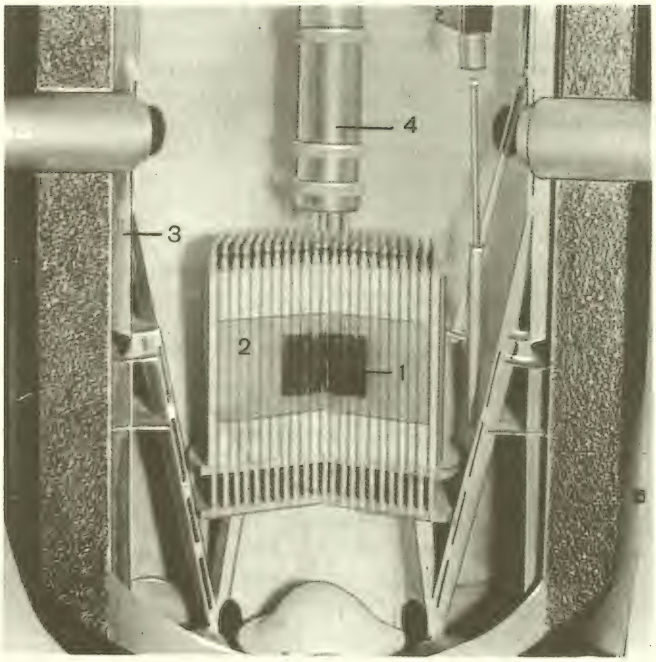
Ядерный реактор

Ядерная, или атомная, энергия выделяется в виде тепла при распаде (делении) ядер атомов урана, плутония и тория. При полном распаде 1 г этих веществ выделяется столько же тепла, сколько при сгорании 2,8 т угля.

Тепло на атомных электростанциях (АЭС) получают в *ядерных,* или *атомных, реакторах* (см. т. 3 ДЭ, ст. «Атомный реактор»). В реакторе идет управляемая *ядерная реакция:* это означает, что распадающиеся ядра выделяют элементарные частицы — нейтроны, а они заставляют распадаться ядра других атомов. Вещества, в которых идет или может идти ядерная реакция, называют *ядерным горючим.*

Горючее это помещают в реактор, который с целью защиты от излучения окружен бетоном, металлом и другими защитными материалами. Пространство внутри реактора, в котором находится ядерное горючее, называют *активной зоной.*

Ядерная реакция может идти только в том случае, если нейтронов, образующихся при распаде ядер, в активной зоне достаточно много. Если нейтронов мало — реакция остановится, а если чересчур много — распадется так много ядер и в реакторе выделится так много тепла, что активная зона может расплавиться. Поэтому реактором нужно управлять. Это делают с помощью *регулирующих стержней* из вещества, хорошо поглощающего нейтроны, например карбида бора. Чем глубже погружены стержни в активную зону, тем меньше там нейтронов, способных продолжать реакцию, тем меньше тепла выделяется в реакторе, и наоборот. На случай аварийной остановки реактора предусмотрены *аварийные стержни:* они быстро падают в активную зону и совершенно останавливают реакцию.



Реактор на быстрых нейтронах мощностью 1 ГВт (модель): *1* — активная зона; *2* — зона воспроизводства нейтронов; *3* — корпус; *4* — центральная колонка.

Как вывести тепло из реактора? Существует много способов, но все они имеют общую черту: через активную зону насосами прокачивают жидкость или газ — *теплоноситель*, который отбирает тепло у ядерного горючего. Далее теплоноситель обычно поступает в *теплообменник*, нагревает в нем до кипения воду, а образующийся пар идет в турбину. В качестве теплоносителей используют обыкновенную воду, углекислый газ, гелий, а также легкоплавкий металл натрий.

Атомные электростанции

Первая в мире атомная электростанция была пущена 27 июня 1954 г. в Советском Союзе, в г. Обнинске под Москвой. Ее мощность была всего 5 МВт. Но эта маленькая электростанция знаменовала открытие нового направления в мировой энергетике.

С тех пор построены атомные электростанции значительно большей мощности, например Белоярская, Сибирская, Ново-Воронежская, электрическая мощность которых соответственно равна 300, 600, 1450 МВт. Эти атомные электростанции состоят из нескольких блоков. На каждом блоке установлен реактор определенной мощности. Так на 3-м и 4-м блоках Ново-Воронежской АЭС тепловая мощность каждого из установленных реакторов составляет 1370 МВт. Для 5-го блока этой АЭС, где будет установлено два турбогенератора по 500 МВт, разработан проект реактора, тепловая мощность которого — 3 ГВт! Это превосходит более чем вдвое мощность самого крупного парового котла, работающего на органическом топливе.

Атомные электростанции большой мощности дают электроэнергию, себестоимость которой меньше себестоимости энергии любой тепловой электростанции, работающей на любом, самом дешевом горючем. Они будут строиться главным образом в Европейской части СССР, где уже сейчас электроэнергии не хватает и где мало крупных месторождений органического топлива.

На берегу Каспийского моря близ г. Шевченко построена атомная электростанция с реактором, тепловая мощность которого 1 ГВт. Она дает городу электроэнергию и одновременно 120 тыс. т пресной воды в сутки, которую получают из соленой воды Каспия на ее опреснительной установке. Так атомные электростанции начинают вносить серьезные коррективы в распределение запасов пресной воды на планете: человек сможет получать пресную воду из соленых морей и озер, где он захочет, лишь бы поблизости было море (см. ст. «Как получают питьевую воду»).

Кроме мощных стационарных атомных электростанций в нашей стране разработаны и передвижные ядерные энергоустановки. Они незаменимы при освоении необжитых территорий. Такова передвижная станция ТЭС-3, созданная в 1961 г. Ее электрическая мощность — 1500 кВт, все оборудование размещено в 4 самоходных вагончиках на гусеничном ходу. Она может работать без замены горючего 2—3 года.

Строят атомные электростанции во многих странах: в Великобритании, Франции, США, Канаде, Японии, ГДР, Индии, Пакистане и др.

К 1980 г. мощность всех АЭС мира достигнет 300—320 ГВт.

Мощность атомных электростанций СССР к 1980 г. составит 20—30 ГВт, и они станут играть заметную роль в энергетическом балансе страны. Атомные электростанции — главная перспектива развития энергетики — таков вывод, к которому приходят ученые.

Атомные реакторы проникают и на транспорт. В Советском Союзе построены атомные ледоколы «Ленин» и «Арктика», в США — торговое судно «Саванна», в ФРГ — корабль торгового флота «Отто Ган».

План ГОЭЛРО и будущее энергетики

План ГОЭЛРО и его выполнение

После Великой Октябрьской социалистической революции одной из важнейших проблем, вставших перед молодой Советской республикой, было восстановление хозяйства, разрушенного империалистической войной, и преобразование этого хозяйства на новый, социалистический лад. По этому поводу В. И. Ленин писал: «На мой взгляд, электрификация является наиболее важной из всех великих задач, стоящих перед нами». Уже в январе 1920 г. В. И. Ленин в письме к Г. М. Кржижановскому наметил задачу электрификации, т. е. *единого народнохозяйственного плана преобразования страны* на основе новой техники — техники электричества. 24 марта 1920 г. была образована Государственная комиссия по электрификации России — ГОЭЛРО, а в конце 1920 г. был разработан «План электрификации РСФСР».

В условиях царской России не могло быть речи о плановой электрификации промышленности и сельского хозяйства. Электростанции, как правило, принадлежали частным лицам или акционерным обществам, и строились они там, где это было удобно хозяевам.

Тепловых электростанций и мелких гидростанций было немало, но общая их мощность в 1913 г. достигала всего лишь 1,1 ГВт и была в 20 раз меньше, чем в США.

За 10—15 лет планом ГОЭЛРО намечалось соорудить 10 гидроэлектростанций общей мощностью 640 МВт и 20 тепловых электростанций общей мощностью 1,11 ГВт. При этом электростанции должны были объединиться в энергетические системы, такие, как Московская, Донбасская и др. Для объединения предполагалось строить высоковольтные линии электропередачи, практически неизвестные в дореволюционной России (протяженность их в 1914 г. не превышала 100 км).

Гражданская война и разруха задержали электрификацию, но уже к 1935 г. было построено 40 новых электростанций (вместо 30 по плану) общей мощностью 4,3 ГВт. Были намного перевыполнены намеченные планом ГОЭЛРО масштабы добычи угля, нефти, торфа, железной руды, производства электроэнергии, чугуна, стали и алюминия. Заводы СССР стали выпускать паровые и гидравлические турбины, электрогенераторы, трансформаторы, масляные выключатели, электродвигатели и др. Были созданы энергосистемы в Центре, на Урале, в Грузии, Армении и других районах.

«Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны»,— писал Ленин.

Выполнив досрочно план ГОЭЛРО, советский народ продолжает развитие хозяйства страны по ленинскому плану построения коммунизма.

Рост производства электроэнергии в нашей стране идет поистине колоссальными темпами. О том, как растет производство электроэнергии и ее потребление в разных областях народного хозяйства, очень красноречиво говорит таблица, которую мы приводим ниже.

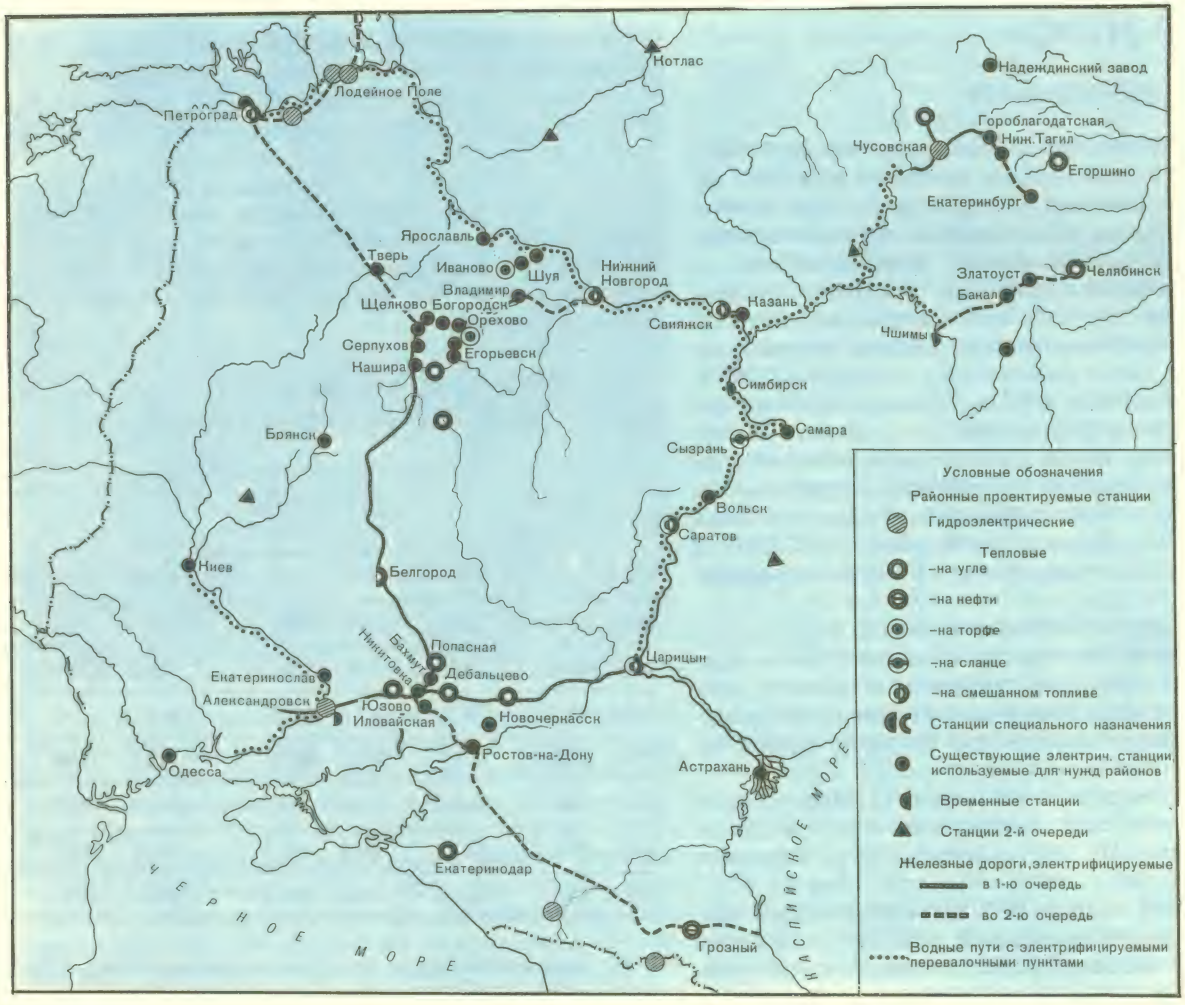
Электробаланс народного хозяйства СССР (в млрд. кВт·ч)

Годы	Производство электроэнергии	Потребление электроэнергии				
		промышленность	транспорт	другие отрасли народного хозяйства	потери	экспорт
1913	2,04	1,57	0,02	0,38	0,07	
1940	48,3	34,7	2,6	7,6	3,4	
1950	91,2	65,2	3,7	16,0	6,3	
1960	292,3	207,5	17,7	49,3	17,8	0,03
1970	740,0	488,0	54,4	134,6	58,3	5,20
1971	800,4	520,5	58,2	151,8	63,2	6,7
1972	857,4	552,9	61,5	166,6	69,3	7,1

За прошедшие годы электрические машины, аппараты и приборы практически полностью вытеснили в промышленности паровые машины. Создание *индивидуального* электропривода открыло путь к автоматизации промышленного производства. Электрификация на транспорте — это 37 тыс. км электрифицированных железных дорог, это электропоезда и метрополитен, троллейбусы и электромобили, это электрическое управление и сигнализация, скорость и комфорт.

И недалеко то время, когда постепенно исчезнут газовые плиты и батареи центрального отопления: их заменят электроплиты и полупроводниковые электронагреватели. В городах появятся самодвижущиеся тротуары, бесшумные электрические автобусы и автомобили, не дающие выхлопных газов. Тротуары и главные городские магистрали станут зимой отапливаться, на них уже не будут скапливаться снег и лед, а это тоже повышает безопасность движения. Метро станет привычным видом транспорта

Схема электрификации России по плану ГОЭЛРО.



не только в столичных городах. Полностью перейдут на электроэнергию сталеплавильные и другие производства, в которых требуется высокая температура. В небывалых масштабах будет электрифицировано сельское хозяйство, на скотных дворах, птицефабриках и фермах человек будет освобожден от тяжелого ручного труда.

Одним словом, в перспективе вырисовываются грандиозные картины электрификации. Но для этого надо овладевать новыми источниками энергии и более совершенными методами ее преобразования в электричество. Приведем некоторые из них...

Новые источники энергии

Существующие способы получения электроэнергии чрезмерно сложны. Между источником энергии — водой, углем, нефтью, атомным ядром — и линией передачи выстроился ряд «посредников»: плотины, топки, атомные реакторы, турбины, электрогенераторы. Ни одно устройство, даже самое лучшее, не может работать без потерь, с к.п.д., равным 100%. И чем длиннее цепочка устройств-«посредников», тем больше и доля потерь. Ученые непрестанно ищут способы *прямого преобразования* энергии, например тепловой в электрическую: один «посредник» всегда

лучше, чем множество. Существуют ли они? Да! Расскажем о некоторых из них.

Топливные элементы

Наиболее простыми и хорошо освоенными являются *водородно-кислородные топливные элементы.* Выглядит один из таких элементов так. В сосуд с раствором едкого калия (КОН) погружены две пористые платиновые трубки (электроды, к которым подключается потребитель электроэнергии). В одну подается водород, в другую — кислород. В результате химической реакции получается вода, а во внешней цепи протекает электрический ток.

Топливные элементы используются в качестве источника тока на космических кораблях. По-видимому, именно в космосе они найдут наибольшее применение: все-таки они еще слишком дороги и сложны в изготовлении.

Термогенератор

Другой прямой преобразователь энергии — это *термогенератор.* Если сварить две проволоки из разных металлов, скажем железа и алюминия, вольфрама и платины, а потом место сварки нагреть, оно превратится в генератор электрического тока. Правда, очень слабый, но все же его напряжение можно измерить обыкновенным вольтметром. Это явление было открыто 150 лет назад и использовалось главным образом для измерения температуры, потому что напряжение «генератора» зависит от того, насколько нагрето место сварки.

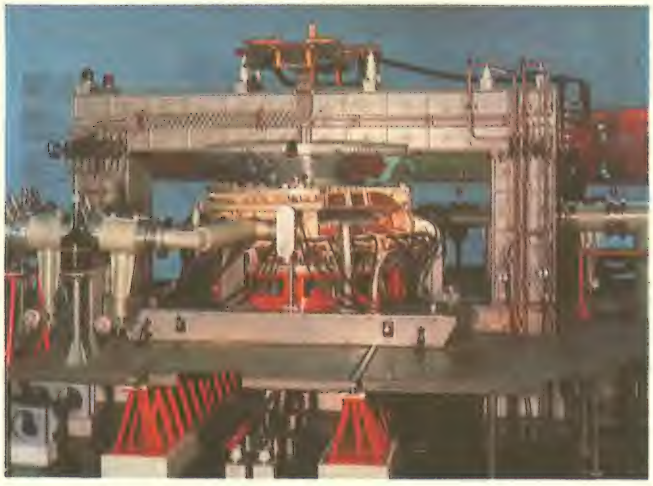
Но в 40-х годах XX в. советский ученый А. Ф. Иоффе установил, что мощность термогенератора резко возрастает, если вместо металлов взять полупроводники. Созданные им термогенераторы обладали мощностью до 15 Вт. В современных термогенераторах используют ядерные источники тепла, и электричество вырабатывается по нескольку лет без замены «горючего».

Солнечные батареи

Можно заставить и Солнце вырабатывать электроэнергию.

Если закрыть кристалл кремния тончайшим, прозрачным для света, слоем металла, то поток фотонов — мельчайших частиц света, проходя сквозь металл, будет выбивать электроны из полупроводника. Эти электроны тут же «убегут» в металл. Поэтому между кремнием и металлом возникнет напряжение. Сотни и тысячи таких *фотоэлементов* (соединенных последовательно и параллельно для увеличения напряжения и силы тока) образуют *солнечные батареи,* от которых питается аппаратура космических станций и спутников. В пустынях, где солнце почти никогда не закрыто облаками, такие батареи — самый лучший источник питания для всякого рода установок, скажем метеостанций, которые работают без людей.

Лабораторный импульсный термоядерный реактор. В нем плазму рождает луч лазера. *Внизу:* экспериментальная термоядерная установка «Токамак». В ней происходит синтез ядер гелия из ядер дейтерия. Пока эта установка может работать сотые доли секунды.

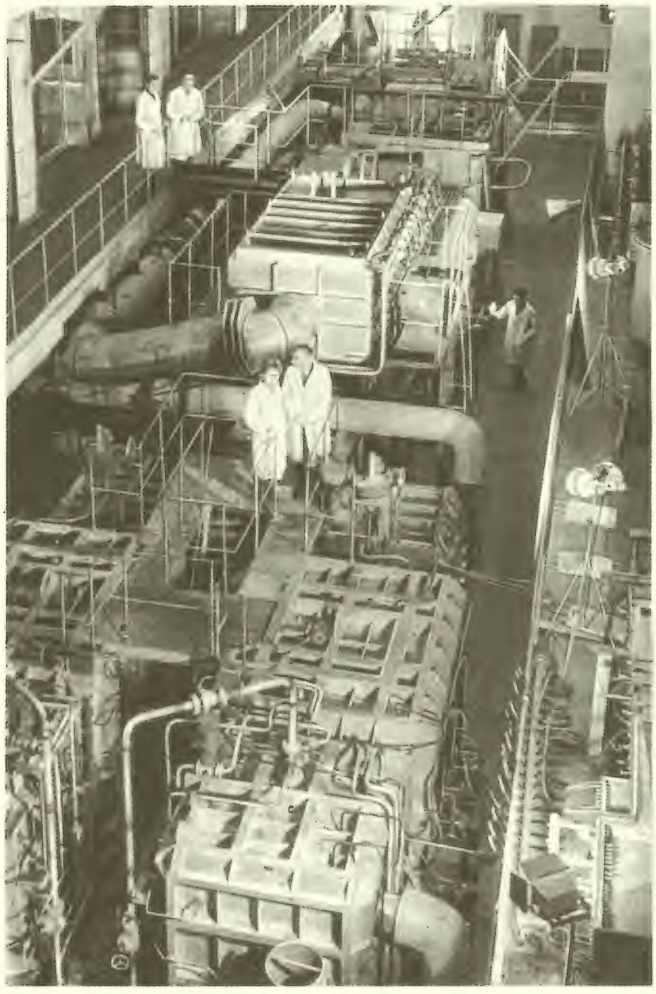


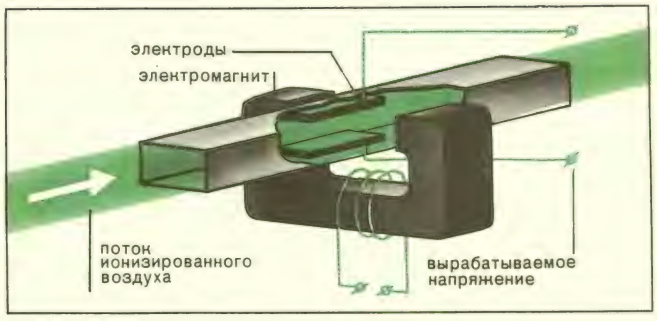
МГД-генераторы

К сожалению, всем этим устройствам, о которых шла речь, свойствен главный недостаток: они сравнительно маломощны и дороги. Все они поэтому лишь вспомогательные источники энергии. И только на космических кораблях они пока что главные. А на Земле нужны иные преобразователи, сравнимые по экономическим и техническим показателям с турбогенераторами и гидрогенераторами. Экспериментальные устройства такого рода уже созданы: это *МГД-генераторы.*

У МГД-генератора *(магнитогидродинамического генератора)* три основные части: *канал, устройства для отвода электроэнергии* и *электромагнит.* В камере сгорания, похожей на камеру ракетного двигате-

Общий вид экспериментального МГД-генератора и его принципиальная схема *(справа)*.





ля, сжигают уголь, природный газ или мазут. Горячие газы ускоряются в сопле камеры и попадают в канал — длинную, слегка расширяющуюся трубу. В стенки канала вделаны электроды — проводящие пластинки, с которых снимается напряжение, вырабатываемое генератором. Канал помещен в магнитное поле, которое создается электромагнитом.

Нагретый до нескольких тысяч градусов, газ ионизируется, и получается не что иное, как *плазма,* т. е. смесь из оторвавшихся от атомов электронов, ионов (атомов, потерявших один или несколько электронов) и нейтральных атомов, не распавшихся на ионы и электроны. Чем выше температура, тем электронов и ионов больше, однако продукты сгорания обыкновенного топлива становятся плазмой лишь при температуре 10 000° С, вот почему в топливо МГД-генератора сейчас добавляют соли цезия или калия — они ионизируются уже при 2000° С.

Когда плазма попадает в канал и оказывается между полюсами электромагнита, магнитное поле отклоняет электроны к одному из электродов, и тот становится отрицательным полюсом генератора. А из противоположного электрода ионы вырывают электроны, он становится положительным полюсом. Между электродами благодаря этому образуется напряжение и протекает ток, который совершает полезную работу на нагрузке, подключенной к МГД-генератору.

Идею МГД-генератора высказал еще Фарадей, но создавать их стали лишь в начале 60-х годов XX в., да и сейчас это все еще экспериментальные, хотя и довольно мощные, установки. Очень заманчиво то, что теоретически их к.п.д. может достигать 50% и выше, т. е. превышать к.п.д. паротурбинной электростанции. Трудность, однако, заключается в том, что при температуре газа ниже 2000° С в нем остается так мало свободных электронов, что для использования в генераторе она уже не годится. Чтобы не расходовать зря тепло, поток газа пропускают через теплообменники. В них тепло передается воде, а образовавшийся пар подается в паровую турбину. Такие комбинированные установки считаются наиболее перспективными.

В нашей стране действует сейчас опытно-промышленная комбинированная электростанция с МГД-генератором, работающим на природном газе. Особенно велики преимущества МГД-генератора, работающего на плазме, созданной в термоядерном реакторе.

Термоядерные электростанции

Термоядерная реакция — это реакция соединения ядер легких элементов, сопровождающаяся выделением энергии. Например, ядра дейтерия — тяжелого изотопа водорода — превращаются в ядра гелия. Водород является составной частью воды. Если из 5 литров воды извлечь заключенный в ней тяжелый водород — дейтерий, то энергия, которая может выделиться при соединении ядер дейтерия, будет эквивалентна энергии от сжигания 1,35 т нефти.

Термоядерный реактор — мечта ученых. К сожалению, до сих пор не удалось получить устойчивую управляемую термоядерную реакцию синтеза (см. т. 3 ДЭ, ст. «Плазма и термоядерный синтез»). Максимум, что удается, это на долю секунды заставить вспыхнуть термоядерный «костер», и он тотчас же гаснет. А нам нужно, чтобы реакция постоянно возобновлялась и термоядерный реактор работал бы циклически.

Наконец, есть еще один источник энергии, который сейчас кажется фантастическим: реакция соединения атомов материи и антиматерии.

Чем же отличается вещество от антивещества? По сути дела почти ничем. Кроме одной особенности: когда вещество и антивещество встречаются, происходит *аннигиляция* — взрыв, в тысячу раз более мощный, чем взрыв такого же по массе термоядерного заряда бомбы. И вот ученые мечтают о том, чтобы искусственно создать антиатомы и организовать управляемую реакцию аннигиляции. Два пучка газов — водорода и антиводорода — встретятся, и заработает *аннигиляционный* реактор. Он будет вырабатывать колоссальный по мощности поток света, а свет мы уже умеем преобразовывать в электричество с помощью солнечных батарей. В сочетании с аннигиляционными котлами они станут надежным и чрезвычайно мощным источником электроэнергии.

Марка «Сделано в СССР» — на всех континентах

Самые разнообразные электротехнические изделия, изготовленные в СССР, работают во многих странах мира, на всех континентах. СССР превратился в крупнейшего экспортера изделий электротехнической промышленности.

В течение многих десятилетий наша страна удерживает первенство по мощности отдельных гидроагрегатов и по смелости технических решений. Наши генераторы и турбины работают в АРЕ на Асуанской плотине, в Индии на ГЭС Балимэла, в Румынии на ГЭС «Железные ворота», их покупают Бразилия, Норвегия и другие страны. Советские турбогенераторы экспортируются в Болгарию, Югославию, Монголию, Индонезию, Индию, Грецию, Польшу, Румынию, ГДР и др.

Советские силовые трансформаторы работают в Индии, Румынии, ГДР, АРЕ — всего в 38 странах мира. Специалисты американской фирмы «Детройт Эдисон компани», посетившие Запорожский трансформаторный завод, дали высокую оценку его изделиям. В марте 1970 г. был подписан контракт на поставку в США трансформатора мощностью 560 МВА, изготовленного этим заводом,— первого силового трансформатора, который США купили у Советского Союза.

Советские электровозы переменного тока ВЛ80^к купила Финляндия; выпрямительная установка на полупроводниках, примененная в этом электровозе, находится на уровне лучших мировых образцов. Электропечи для плавки стали, алюминия, меди, ферромарганца, вмещающие от нескольких килограммов до 100 т металла, поставляются в 33 страны мира.

Зарубежные страны покупают у нас 130 типов аккумуляторов и сухих батарей. Особенный интерес вызывают батареи «Крона-ВЦ» и «Рубин-1»: они работают втрое дольше, чем любые другие аналогичные батареи.

Таких успехов наша страна добилась благодаря тому, что за годы Советской власти была создана отличная научно-исследовательская и экспериментальная база: несколько сотен предприятий и научно-исследовательских институтов, в которых трудится почти миллион рабочих, инженеров, ученых. Такие великолепные заводы, как «Электросила» имени С. М. Кирова в Ленинграде, турбинный и гидрогенераторный «Электротяжмаш» имени В. И. Ленина в Харькове, трансформаторный в Запорожье,— это настоящие научные учреждения, в которых разрабатываются машины и аппараты небывалых мощностей и напряжений. Мировую известность получили научные изыскания Всесоюзного электротехнического института имени В. И. Ленина: здесь были разработаны принципы конструирования и создана аппаратура для первой в мире промышленной линии электропередачи напряжением 500 кВ, для высоковольтных комплексов 750 кВ и 1,2 МВ переменного тока, создается уникальное оборудование для линии передачи постоянного тока напряжением 1,5 МВ.

Полупроводниковая техника пришла сейчас во многие изделия электропромышленности. Преобразователи на управляемых полупроводниковых выпрямителях (тиристорах) для питания двигателей главного привода блюминга позволяют увеличить производительность станов на 10—12% практически без каких бы то ни было переделок других узлов. Это означает, что после того, как проведена модернизация на десяти станах, мы как бы получаем еще один прокатный стан!

Необъятны возможности нашей электропромышленности. Пятьдесят лет назад В. И. Ленин сказал: «Мы Россию всю, и промышленную, и земледельческую, сделаем электрической». Так и стала, так и будет развиваться наша страна по пути сплошной электрификации.

Автоматика и кибернетика

Нас окружают автоматы

Проснувшись рано утром, вы делаете зарядку и идете умываться. Кто помог вам встать вовремя? Часы-будильник — автоматическое устройство, имеющееся в каждой семье. Умываясь, вы, возможно, не подозреваете, что воду в квартиру помогли доставить тоже автоматы. Они, когда нужно, включали и выключали насосы.

А холодильники, стиральные машины, электроутюги с сигнальной лампочкой, радиоприемники, телевизоры? В каждом из них есть автоматы. Они не дадут повыситься температуре внутри холодильника, перегреться утюгу или изменить громкость звука, льющегося из динамика радиоприемника или телевизора.

На завтрак у вас хлеб с маслом, молоко, сыр. Хлеб в булочную привезли с хлебозавода-автомата; масло и сыр приготовили, расфасовали в брикеты автоматы; они же разлили в бутылки молоко.

Но вот вы на улице. На перекрестке — пустая будка регулировщика. Однако сигналы светофора сменяют друг друга — регулировщика заменил автомат. Это он включает зеленую надпись «Идите» и красную «Стойте», это он переключает огни светофоров.

Жители городов знакомы с автоматическими продавцами. Стоит в щель автомата опустить нужную монету, и вы получите газету, тетрадь, карандаш.

Автоматы в метро разменяют вам монету; опустив одну из полученных пятикопеечных монет в щель другого автомата, вы увидите, как загорится окошечко с надписью «Идите».

В цехах фабрик и заводов можно встретить и автоматические станки-одиночки, и длинные автоматические линии, часто из многих десятков станков. С одной стороны такой автоматической линии поступает материал или полуфабрикат, с другой — выходит готовая продукция.

Наиболее эффективно автоматы работают прежде всего там, где налажено массовое непрерывное (поточное) производство, где осуществляются тонкие технологические операции, где условия производства опасны для жизни и здоровья людей и т. д. Они помогают человеку в промышленности и сельском хозяйстве, на транспорте и в связи, в научных институтах и лабораториях.

Для того чтобы автоматы работали (и работали надежно), нужны особые регулирующие автоматические устройства, которые управляли бы автоматами и контролировали их действия. Такие устройства называются средствами автоматики или просто *автоматикой*.

Автоматическое управление — детище XX в. Однако, если проследить его истоки, они уведут нас в глубокую древность.

Истоки автоматического управления

Во II в. до н. э. древнегреческий механик Ктезибий, живший в Александрии, изготовил первые водяные часы.

Шли столетия, часы совершенствовались и в дальнейшем сыграли немалую роль в развитии автоматики. К. Маркс писал, что «часы являются первым автоматом, созданным для практических целей».

Мастера далеких времен создали кроме часов и другие механические устройства, выполняющие последовательные движения без вмешательства человека. В книге, написанной в I в. древнегреческим ученым Героном Старшим из Александрии, рассказывается, например, об автомате для продажи «святой воды», о дверях храма, открывавшихся, как только в жертвеннике загорался огонь, и т. д.

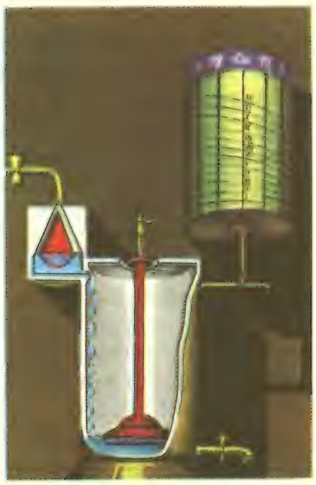
В 1767—1769 гг. русский механик И. П. Кулибин создал часы размером с гусиное яйцо. В этих часах было несколько сотен связанных между собой различных деталей. Часы заводились раз в сутки. Они показывали время и отбивали каждый час, полчаса и четверть часа. В верхней части корпуса часов через каждый час открывались дверцы и человеческие фигурки разыгрывали «представление», которое сопровождалось музыкальным перезвоном.

Во второй половине XVIII в. в швейцарской деревне Шо-де-Фон жили два искусных часовых мастера — Пьер Жаке Дро и его сын Анри. В 1774 г. Пьер Жаке на выставке в Париже демонстрировал механических «людей» — «писца», «рисовальщика» и «музыкантшу».

Но наряду с подобными автоматами-игрушками начали появляться устройства, облегчающие труд человека. Первые такие попытки относятся ко второй половине XVIII в., к периоду промышленного переворота. Особенно большое значение для технического прогресса имело изобретение *автоматического суппорта* токарного станка и *автоматического регулятора*.

Автоматический суппорт, перемещающий резец вдоль детали, обрабатываемой на токарном станке, был изобретен еще в 20-х годах XVIII в. русским механиком А. К. Нартовым. Англичанин Модсли сделал подобное устройство лишь спустя 70 лет.

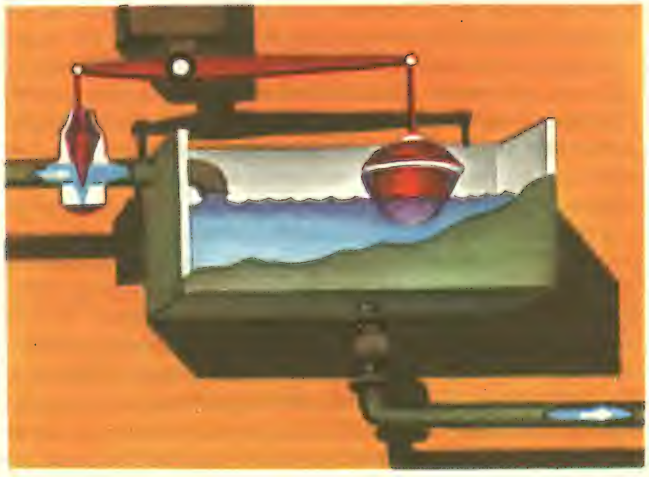
Автоматическое регулирование впервые было применено русским изобретателем И. И. Ползуновым. В созданной им в 1765 г. паровой машине поплавковый регулятор следил за уровнем воды в котле. Дж. Уатт в своей знаменитой паровой машине применил два важных автоматических устройства: центробежный регулятор, который изменял подачу пара в цилиндр, и парораспределительную коробку с золотником для переключения поступления пара в машину.



Часы Ктезибия были просты: в резервуар равномерно поступала вода, поплавок поднимался, а вместе с ним и указатель, который показывал время на барабане.

Водяной насос Ктезибия. Стрелками показано направление движения воды.

Внизу: поплавковый регулятор Ползунова следил за уровнем воды в котле.



Конечно, это были лишь первые полезные применения автоматических устройств, но, как видим, с момента своего зарождения автоматизация была тесно связана с машинным производством. Более того, автоматизация — это новый, более высокий этап машинного производства, при котором человек освобождается от непосредственного управления производственными процессами, а эти функции выполняют автоматические устройства.

Отличительной особенностью машинного производства, по словам К. Маркса, является не то, что источником двигательной силы служит механический двигатель, а то, что рабочая машина своими инструментами совершает те же самые движения, которые прежде вынужден был делать рабочий. Иными словами, благодаря машине человек освободился от обязанности перемещать инструмент. Применение машин привело к резкому скачку промышленного производства, названному позднее промышленным переворотом конца XVIII — начала XIX в. Почему? Потому что количество производимой продукции теперь определялось не физической силой человека, а машиной, ее техническим совершенством, быстродействием, надежностью, простотой управления и т. д.

Мы отметили выше, что уже первые машины включали в себя в качестве отдельных элементов автоматические устройства.

Необходимость расширения промышленного производства и увеличения производительности труда, совершенствование оборудования и открытия в области механики и электроники содействовали появлению новых автоматических устройств. В XIX и начале XX в. они применяются в ткацких и других текстильных машинах, в прессах для штамповки мелких деталей, в машинах, вырабатывающих массовую продукцию. А сейчас вы уже не найдете такой отрасли народного хозяйства, которая могла бы обойтись без автоматических управляющих и регулирующих устройств, без *автоматики*.

Где нужны автоматы

Токарь, работая за токарным станком, точными движениями вращает рукоятки, подводит к детали резец. Если рабочий делает много одинаковых деталей, его движения становятся привычными, заученными, он их выполняет почти не задумываясь. Такую работу вполне можно поручить станку-автомату, который сделает то же самое и, что очень важно, значительно точнее и быстрее. Правда, такие станки сравнительно дорогие, но, если на них обрабатывают многие тысячи одинаковых деталей, затраты на создание станка-автомата окупятся быстро.

Итак, автоматы прежде всего нужны там, где налажено *массовое производство* изделий: на автомобильных, тракторных, часовых заводах, на предприятиях текстильной, пищевой промышленности. Они позволяют резко увеличить производительность труда.

Техника наших дней — это техника огромных скоростей. Современный реактивный самолет пролетает за секунду сотни метров. Роторы паровых и газовых турбин делают тысячи оборотов в минуту. Ракета, выводящая космический корабль на орбиту, движется со скоростью несколько километров в секунду. Попробуйте уследить без автоматических помощников за такими *стремительными процессами!* Лишь автоматы обладают необходимой быстротой реакции. Они не дадут ротору турбины превысить частоту вращения, не позволят самолету или ракете отклониться от заданного курса.

Не обойтись без автоматики и при осуществлении многих *тонких технологических процессов*. Вот, например, химическое производство. Иногда малейшее отклонение температуры, давления, концентрации веществ от заданного значения приводит к браку или делает химическую реакцию невозможной. На ход реакции в ряде случаев влияет напряжение или сила тока, интенсивность электрического или магнитного поля и многое другое. Наши органы чувств не могут реагировать и тем более отмечать малейшие изменения значений этих физических величин. Такой способностью человек наделяет автоматические устройства.

Нужна автоматика и в производствах, которые опасны для жизни и здоровья людей. Таких производств немало: получение радиоактивных веществ и работа на атомных электростанциях, изготовление красителей для текстильной промышленности и сильных ядов для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, многие взрывоопасные производства. Человеку вредно здесь находиться, а в целом ряде случаев просто невозможно. И человеку помогают средства автоматики.

Станки-полуавтоматы и станки-автоматы

Полностью автоматизированные станки появились не сразу. Вначале автоматически выполнялись лишь операции, связанные непосредственно с обработкой детали.

В цехе стоит станок. Рабочий закрепляет в нем заготовку и нажимает кнопку пуска; станок обрабатывает заготовку. Рабочий снимает готовую деталь, закрепляет следующую заготовку и опять пускает станок. Перед нами станок-полуавтомат. Для изготовления каждой новой детали на нем, т. е. для повторения его рабочего цикла, требуется вмешательство рабочего.

Освоив полуавтоматы, люди затем научились делать станки, в которых подача заготовки, закрепление ее в станке, обработка, снятие готовой детали производятся без участия рабочего. Это станки-автоматы. В таких станках в отличие от станков-полуавтоматов для загрузки заготовок и снятия готовых деталей имеются автоматические загрузочно-разгрузочные приспособления.

У станков-автоматов есть *распределительный вал*, снабженный выступами — *кулачками*. Эти кулачки при повороте вала передвигают толкатели, которые в свою очередь перемещают вращающиеся сверла или резцы и заставляют их воздействовать на деталь. Совершит распределительный вал один полный оборот — и изделие полностью обработано. Следующий поворот — и рабочий цикл повторяется снова.

Если такой станок-автомат в процессе работы разладится, то он начнет производить бракованные детали. Подобные автоматические механизмы, лишенные самоконтроля, называются *циклическими* или *нерефлекторными*. Это первая ступень автоматизации.

Более сложные станки-автоматы удалось наделить «органами чувств». Эти станки сами контролируют свою работу, сами настраиваются на более выгодный режим, сами предотвращают появление брака. Станки, способные следить за своими действиями во время работы, относятся к *рефлекторным* автоматическим устройствам. Конструкция их может быть самой разнообразной. Чтобы разобраться в ней, познакомимся с важным понятием автоматики — *обратной связью*.

Положительные и отрицательные обратные связи

Мальчика звали Гемфри Поттер. Жил он в Англии два с половиной века назад, был беден, поэтому с детства должен был зарабатывать себе на хлеб. Трудился он на шахте. Там откачивали воду при помощи паровой машины.

Действовала она так: в цилиндр под поршень впускался из парового котла пар. Он поднимал поршень до самого верха. Потом паровой кран закрывали, открывали водяной кран, и в цилиндр поступала холодная вода. Пар конденсировался, в цилиндре образовывалась пустота, и поршень под действием атмосферного давления опускался вниз. Движение поршня передавалось насосу.

Обязанности Гемфри Поттера были просты: поочередно открывать и закрывать краны. Когда ему надоела такая однообразная работа, он решил поручить ее... самой машине.

Гемфри связал шток поршня и краны веревочками. Как только поршень оказывался вверху, веревочки натягивались, закрывали паровой и открывали водяной кран. В нижнем положении открытым оказывался паровой кран, а водяной — закрытым.

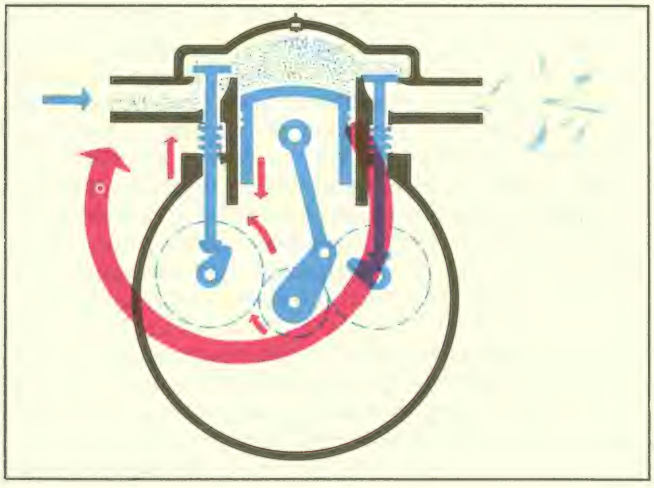
Этот принцип сейчас используется во многих устройствах. Возьмем, например, автомобильный двигатель. В нем в строгой последовательности открываются то одни, то другие клапаны и чередуются такты: всасывание рабочей смеси, сжатие ее, сжигание смеси — рабочий ход и выпуск газов.

В технике существуют условные понятия: *вход* и *выход* машины. В паровой установке вход — это подача пара, выход — движение поршня. Если они между собой связаны таким образом, что всякие изменения на выходе в большей или в меньшей степени отражаются на входе, то говорят, что осуществлена *обратная связь*, т. е. связь выхода с входом.

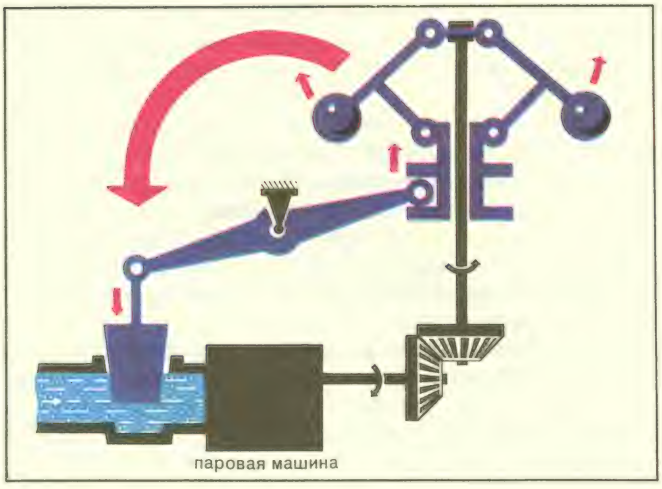
В паровой машине или автомобильном двигателе эта связь *положительная*. Чем быстрее движение поршня двигателя внутреннего сгорания (выход машины), тем чаще открываются и закрываются клапаны (вход машины), впуская горючую смесь и выпуская выхлопные газы.

Положительная обратная связь широко применяется не только в механических устройствах, но и в электрических схемах, например в некоторых типах радиоприемников. Вам, вероятно, известно, что усиление принимаемого радиосигнала в приемнике зависит от числа ламповых каскадов. Но этих каскадов можно делать меньше (и получить большее уси-

Схема работы двигателя внутреннего сгорания. Пример положительной обратной связи. Движение поршня передается на клапаны.



Регулятор частоты вращения в паровой машине. При увеличении частоты вращения вала шары регулятора расходятся и поднимают плечо коромысла; другое плечо, опускаясь, давит на заслонку, которая уменьшает подачу пара в паровую машину, и частота вращения вала уменьшается.



ление), если осуществить положительную обратную связь цепи анода лампы (выход) с цепью ее управляющей сетки (вход). В этом случае за счет энергии источников питания сигнал на управляющей сетке оказывается значительно больше, следовательно, и на выходе, после усиления, он также будет более мощным.

Иная цель у обратной связи в автоматических регуляторах. Каждый такой прибор имеет чувствительный элемент — датчик, или первичный преобразователь: устройство, которое чутко реагирует на изменение частоты вращения вала машины, уровня жидкости в баке, температуры в печи, концентрации кислоты в растворе и т. д.

В автоматическом регуляторе, созданном И. И. Ползуновым, чувствительным элементом служил поплавок. Когда вода поднималась выше нужного уровня, поплавок поднимался вместе с ней и тянул за собой рычаг, который перемещал заслонку, прекращая подачу воды в котел.

Многим известен центробежный регулятор частоты вращения в паровой машине. Если вал машины начнет вращаться слишком быстро, шары регулятора разойдутся. Это изменение положения шаров тотчас передастся через систему рычагов заслонке, и в машину будет поступать меньшее количество пара, топлива или воды. Частота вращения вала сразу изменится. При замедлении вращения регулятор, открывая заслонку, увеличивает поступление пара или топлива и устанавливает определенную частоту вращения вала.

Во всех подобных регуляторах тоже осуществлена связь выхода с входом. Но связь эта иного характера, ее называют *отрицательной обратной связью,* так как на увеличение уровня воды или частоты вращения вала регуляторы отвечают уменьшением подачи воды, топлива.

Обратная связь — необходимый элемент современных автоматических машин и механизмов. Создавая ее, человек, порой бессознательно, копировал... собственный организм. Чувствительные клетки любого живого организма постоянно получают сигналы от внутренних органов и из внешнего мира. По нервным волокнам эти сигналы поступают в мозг, который их анализирует и отдает команды различным органам.

Вы вошли с мороза в теплую комнату. Теплочувствительные клетки кожи тотчас зарегистрировали повышение температуры и сообщили об этом в мозг, откуда подается команда сердцу, и оно снижает темп работы, кровообращение становится менее интенсивным.

Однако обратные связи в живом организме значительно сложнее, чем в любой автоматической машине (см. статьи «Высшая нервная деятельность» и «Нервная система» в т. 7 ДЭ). Организм человека или животного реагирует на полученное раздражение только после того, как мозг сравнит поступившие сигналы между собой, проанализирует их и отдаст соответствующую команду. Есть свои «органы чувств» и у автоматов: это всевозможные датчики, усилители, реле и т. п.

«Органы чувств» автоматов

Датчики

Вам, вероятно, не раз приходилось слышать о «глазах», «ушах», «чутких пальцах» машины. Разумеется, это только образные сравнения, но они позволяют лучше понять принцип действия того или иного автомата. Когда говорят об «органах чувств» автоматических устройств, то имеют в виду чувствительные элементы, или *датчики*, реагирующие на изменения значений каких-либо физических величин.

Приведем несколько примеров. В цехе работает полуавтомат. Заканчивается обработка детали, и резец оказывается в крайнем положении. Вместе с резцом передвинулся и специальный упор, который нажимает на рукоятку станка, и станок останавливается. *Конечный выключатель* — так называется это устройство,— работая как бы «на ощупь», выполнил операцию выключения не хуже человека. В таком выключателе еще нет датчика в полном смысле этого слова, но приведенный пример показывает, что в некоторых случаях автоматические устройства удается наделить «осязанием», возложив на это устройство функцию, которую прежде выполняла рука человека.

По глади водохранилища мчится теплоход на подводных крыльях. Наступили сумерки, но рулевой уверенно ведет корабль: впереди зажглись красные и белые огни бакенов. Кто их включил? Автомат, питаемый аккумуляторами. А «глазами» этого автомата служит датчик — *фотоэлемент*. Круглые сутки смотрит он в небо. Днем, когда светло, в фотоэлемент попадает много света, и он хорошо пропускает ток. Электромагнит под действием этого тока размыкает цепь питания фонаря. С наступлением вечера свет, воздействующий на фотоэлемент-датчик, ослабевает, и ток в его цепи прерывается. Одновременно пружина, которая днем удерживалась электромагнитом, замыкает цепь питания фонаря, и он загорается. А утром этот же элемент его погасит.

Есть у некоторых автоматов и электрические «уши». Это знакомый каждому *микрофон*, который в ряде случаев может выполнять роль акустического датчика. Предположим, его установили перед входом в гараж. Стоит автомобилю дать сигнал, как под действием звуковых волн угольный порошок микрофона изменит свое сопротивление и соединенный с микрофоном автомат включит электродвигатель. Створки ворот раздвинутся — машина может въезжать в гараж. Чтобы автомат, связанный с датчиком-микрофоном, узнавал «свою» машину, его немного усложняют, заставляют срабатывать, например, только на четыре коротких сигнала.

Существуют автоматы, наделенные «обонянием». Их устанавливают, например, в шахте. Под землей большую опасность представляют горючие газы. Если их концентрация велика, то от случайной искры может произойти взрыв. Чтобы этого не случилось, в разных местах шахты устанавливают специальные датчики — небольшие коробки с мембранами. Внутри каждой коробки помещена спираль, по которой пропускают электрический ток, отчего она раскаляется докрасна.

Горючие газы через пористые стенки попадают в коробку, воспламеняются от спирали и сгорают. Давление в коробке падает, и мембрана втягивается в нее, замыкая при этом контакты электропитания сирены или электрического звонка, подающих сигналы предупреждения об опасности.

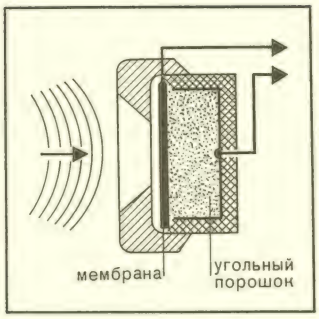
В текстильном, химическом и ряде других производств очень важно иметь растворы кислот строго определенной концентрации. Есть датчики, которые чутко отзываются на «вкус» раствора. В бак, где смешивается, например, серная кислота с водой, опущены два электрода. Если концентрация раствора нормальна, то процесс смешивания идет своим чередом. Но вот концентрация по каким-то причинам недопустимо увеличилась. Электрическая проводимость раствора резко возросла. Возросла и сила тока, протекающего через раствор, и во всей цепи, к которой подключены электроды. В какой-то момент времени сила тока увеличилась настолько, что сработал электромагнит и прекратил подачу кислоты.

Кроме пяти органов чувств — осязания, зрения, слуха, обоняния и вкуса — человек имеет еще орган равновесия — вестибулярный аппарат (см. т. 7 ДЭ, ст. «Органы чувств»). Стоит человеку наклонить голову или изменить положение тела, вестибулярный аппарат подает в головной мозг соответствующий сигнал. Вестибулярный аппарат реагирует также на вращение тела и поступательное движение. Он играет огромную роль в обеспечении равновесия.

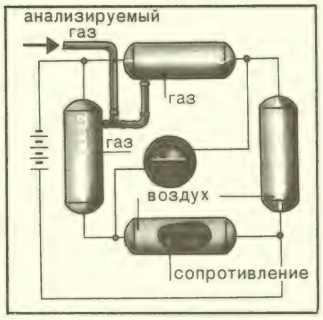
В автоматике создано немало специальных датчиков, обязанности которых подобны обязанностям вестибулярного аппарата, например автопилот в самолете. Этот прибор не только реагирует на малейшие отклонения от курса, но и очень чутко воспринимает малейшие крены гигантской машины.

Главная деталь автопилота — *гироскоп*. Это вращающийся волчок, который всегда стремится сохранить положение оси вращения. И если самолет накренился, волчок останется на месте, а ползунок, укрепленный на нем, начнет перемещаться по контактам. Сигналы такого датчика тотчас приведут

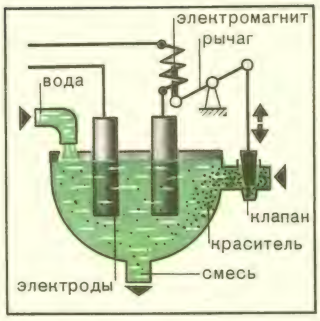
Датчики — «органы чувств» автоматов: микрофон — электрические «уши» автоматов;



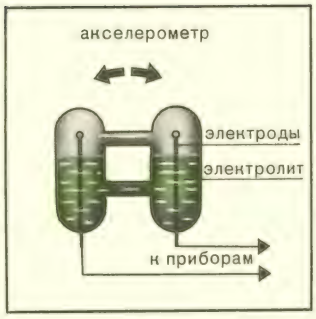
индикатор газа — очень чуткий «орган обоняния»;



датчик, наделенный «вкусом», определяет концентрацию кислоты в растворе;

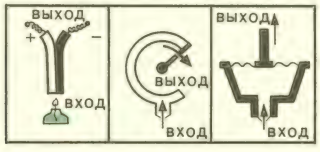


«вестибулярный аппарат» автоматов: при наклоне датчика электролит замыкает электрическую цепь и включаются выравнивающие устройства машины.



в действие соответствующие сервомоторы, и самолет выровняется.

Итак, датчики современных автоматических устройств вполне способны заменить многие органы чувств, которыми наделен человек. Причем подчас они «видят» и «слышат» то, что органам чувств человека недоступно. Люди не слышат ультразвук, их зрение не реагирует на инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские лучи. А датчики, если нужно, чутко отзываются на эти «раздражения». Не можем мы заметить и ничтожные колебания атмосферного давления или почувствовать влияние электрического или магнитного поля. А специальные датчики наделены такой способностью. Они безошибочно отмечают малейшие изменения силы тока, электрического напряжения, магнитных и других свойств вещества. Подаваемые датчиками сигналы — это точная и потому очень ценная информация о том, как работает та или иная машина, как протекает технологический процесс.



Эти датчики реагируют на изменения температуры и давления.

Усилители

И не беда, если сигналы датчика слабы, незначительны по размеру. Их силу можно многократно увеличить. Это сделают *усилители*. В устройствах автоматики получили распространение усилители разных типов.

Наиболее чувствительны *электронные усилители*, их главные элементы — радиолампы и транзисторы — полупроводниковые триоды (см. ст. «Радиотехника и электроника»).

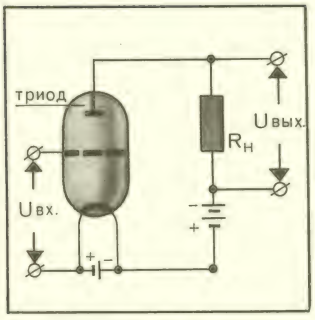
Широко применяются и так называемые *магнитные усилители*. Постоянный ток, возникающий в цепи датчика, протекает по одной обмотке магнитного усилителя. Вторая обмотка его включена в сеть переменного тока. Небольшие изменения силы тока в первой обмотке вызывают значительные изменения силы тока во второй. А это и нужно для усилителя сигналов. Магнитные усилители могут иметь мощность от долей ватта до сотен киловатт. Они исключительно надежны, так как не имеют хрупких деталей или движущихся узлов.

Используются в автоматических устройствах и *электромашинные усилители*. Уже по названию видно, что это своеобразная электрическая машина. Ее генератор постоянного тока вращается посторонним двигателем. Сила тока, отдаваемого этим генератором, зависит, как известно, от силы тока возбуждения, протекающего в обмотках магнитных полюсов. Если в цепь возбуждения включен датчик, то сила тока возбуждения будет изменяться соответственно изменениям контролируемой величины. Значит, и сила тока, отдаваемого генератором, будет изменяться по тому же закону — слабый сигнал датчика, включенного в цепь возбуждения машины, оказывается усиленным, так как сила тока, вырабатываемого генератором, во много раз больше силы тока возбуждения в обмотках его полюсов.

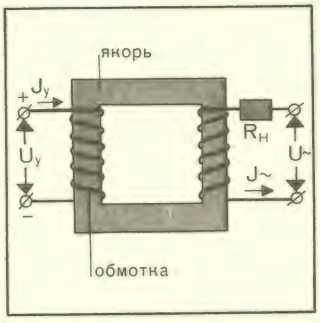
Применяется немало и других усилителей: *гидравлических, пневматических, пневмоэлектрических* — всех не перечислишь. Причем часто усилители разных типов работают сообща, например ламповый совместно с электромашинным. Первый из этих усилителей предварительно усиливает сигналы датчика, а уж выход лампового усилителя подключается к входу электромашинного. Сигнал-карлик становится настолько мощным, что может заставить действовать любой исполнительный механизм.

Однако очень часто от датчика или усилителя сигналов требуется только включить или выключить то или иное реле.

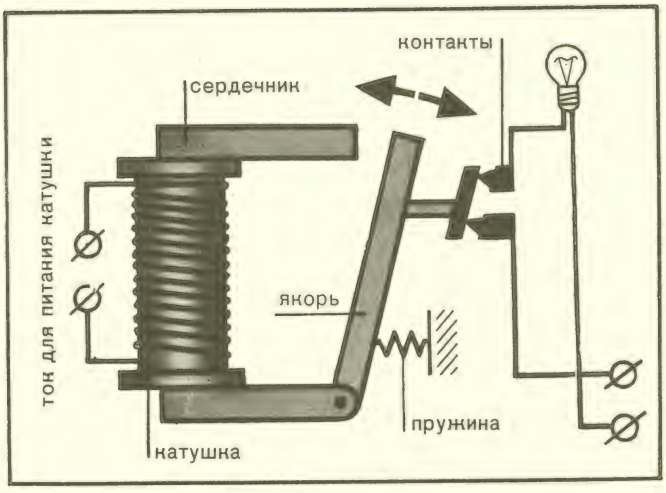
В усилителе входной сигнал $U_{вх}$ подается на сетку лампы, усиливается на нагрузке $R_н$, и на выходе $U_{вых}$ возникает больший по напряжению сигнал.



Магнитный усилитель усиливает сигнал датчика в десятки и сотни раз.



Электромагнитные реле переключают электрические цепи, пускают в ход машины. Когда якорь замыкает контакты, лампочка горит. Если пропустить ток через катушку, то якорь под действием магнитного поля притянется к сердечнику, и контакты разомкнутся — лампочка погаснет.



Реле

В середине XIX в. во многих странах стали пользоваться электрическим телеграфом. И тут обнаружилось, что электрический сигнал с передающей станции приходил настолько ослабевшим, что приемный телеграфный аппарат на него не реагировал. Это объяснялось тем, что с увеличением расстояния из-за сопротивления проводов и утечки на линии сила электрического тока-сигнала падала. И выход из положения был найден.

Телеграфную линию разделили на несколько участков. В конце каждого из них поместили электромагнит с подвижным якорем, при перемещении которого замыкались и размыкались контакты. Приходящий издалека слабый ток пропускался по обмотке электромагнита. Якорь притягивался к сердечнику и замыкал с помощью контактов электрическую цепь, питаемую от местной батареи. И уже этот ток, гораздо более сильный, чем пришедший, направлялся в следующий участок линии.

Новый электротехнический прибор назвали французским словом *реле*. Чтобы понять, как возникло это название, вернемся мысленно назад, в XIX столетие.

...Покрытые хлопьями пены, изнуренные кони подтащили к почтовой станции дилижанс. Здесь ловкие кучера быстро сменили лошадей, и дилижанс со свежей упряжкой покатил к следующей станции. Так, «на перекладных», еще не очень давно путешествовали во многих странах Европы.

Во Франции замена уставших лошадей свежими называлась «реле». Это слово и использовали строители телеграфных линий.

Электромагнитное реле — это электромагнит, якорь которого механически соединен с одной или несколькими парами (группами) контактов и замыкает их или размыкает. Многие автоматические системы, например автоматические телефонные станции (АТС), содержат тысячи электромагнитных реле.

Чтобы чувствительные электромагнитные реле срабатывали, т. е. контакты переключались из одного положения в другое, требуется мощность не более тысячной доли ватта. Самое короткое время срабатывания электромагнитного реле — тысячные доли секунды. При необходимости время срабатывания можно удлинить (например, в электромагнитных реле времени) до нескольких десятых долей секунды.

Электрическая цепь, по которой проходит сигнал от датчика или усилителя, называется *управляющей*. Она управляет, командует другой цепью — *управляемой*, по которой протекает ток большей силы. С помощью реле можно заставить работать электродвигатели, нагревательные печи и другие механизмы, включенные в управляемую цепь.

В автоматике кроме магнитных применяется много других типов реле — *электронных, фотоэлектрических, электромеханических* и т. д.

Таким образом, реле — это такое устройство, которое при изменении входного воздействия переходит скачком из одного положения равновесия в другое: при достижении известного значения *входной (управляющей) величины* резко, скачком изменяется *выходная (управляемая) величина*.

Между реле и усилителями есть много общего, поэтому сравнительно нетрудно заставить усилительную схему работать в релейном режиме, т. е. обеспечивать не плавное, а скачкообразное изменение выходной величины.

«Профессии» автоматов

Автоматы контролируют

Теперь, когда мы познакомились с основными элементами автоматических устройств и их взаимосвязью, рассмотрим некоторые области их применения — их «профессии».

Автоматический контроль — это большая и важная область автоматизации производства. Его назначение — получить и обработать информацию о состоянии оборудования, о ходе технологического процесса. Ясно, что без такой информации невозможно никакое управление. Такой контроль необходим на всех стадиях производственного процесса, начиная с получения сырья и кончая распределением готовой продукции. От правильно поставленного контроля во многом зависит качество продукции.

Конечно, добиваться высокого качества продукции нужно всегда. Но в тех случаях, когда от качества изделия зависит надежность всей конструкции, а иногда и жизнь людей, оно приобретает совершенно особое, решающее значение.

Самолеты перевозят за один рейс сотни пассажиров. Некачественная деталь силовой установки или системы управления такого самолета может привести к гибели многих людей. Поэтому контроль за качеством изделия на авиационном заводе ведется необычайно тщательно. Он осуществляется с помощью сложнейшей современной техники. Для контроля ответственных деталей применяются рентгеновские, магнитные, радиотехнические и другие методы (см. ст. «Контрольно-измерительная техника и дефектоскопия»).

Существуют автоматические устройства для проверки состояния сложных электрических схем, например, электровоза или судна.

Сравнительно недавно стала развиваться новая научная дисциплина — *техническая диагностика*. Она разрабатывает методы и технические средства для автоматического контроля за сложными техническими устройствами.

Один из важных, хотя и наиболее простых, видов автоматического контроля — контроль размеров деталей. Такой контроль особенно важен в машиностроении. Остановимся на нем подробнее. Автоматический контролер проверяет, например, размеры изготовляемой детали, чтобы определить, насколько они соответствуют заданным. Совершенно ясно, что от точности контроля зависит качество продукции, соответствие ее стандарту, чертежам, а от быстроты — производительность станка, цеха и всего предприятия. Конечно, можно контролировать и без автоматов, вручную. Но выгодно ли это?

Предположим, станок-автомат делает крепежные болты. Чтобы изготовить один болт, требуется около 3 с, а на контроль, например, только резьбы болта вручную при помощи резьбовых калибров уходит 30 с. Следовательно, для контроля вручную продукции только одного станка-автомата потребуется около 10 человек. Ясно, что контроль массовой продукции, обрабатываемой на автоматическом оборудовании, нужно также автоматизировать.

В случаях, когда контролируемая величина изменяется очень быстро или когда нужна особенная точность, контроль вручную вообще неприменим.

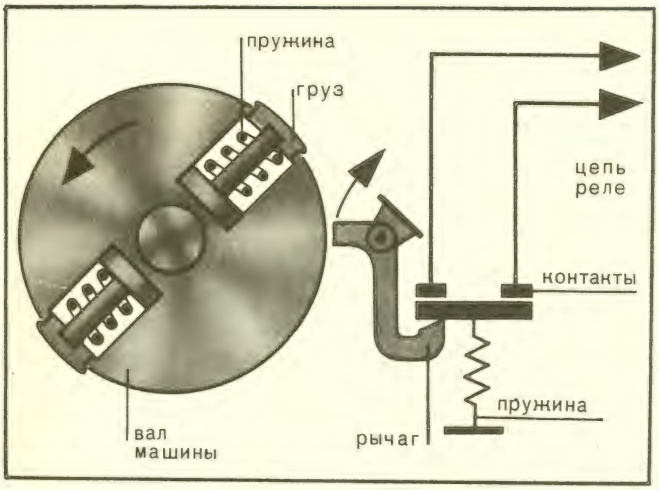
Но контроль, даже если его делает автомат, может осуществляться по-разному. Предположим, деталь полностью готова и контролирующее устройство лишь отделяет годные детали от негодных. Это *пассивный контроль*. При нем автомат-контролер не вмешивается в производственный процесс.

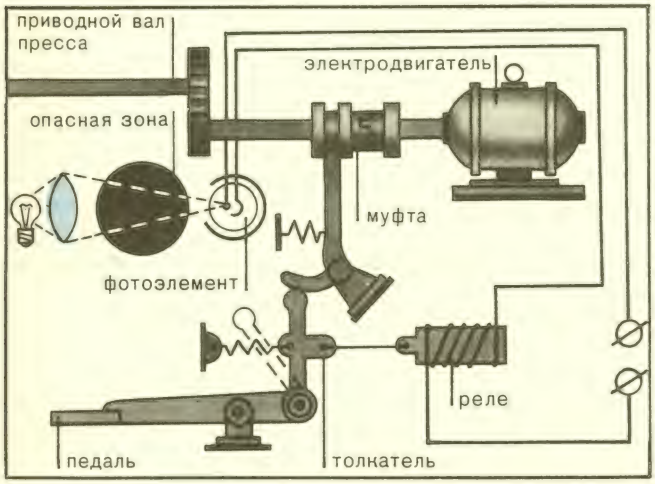
Более совершенен *контроль активный*, когда по результатам измерений автомат-контролер производит подналадку станка, корректирует ход технологического процесса и может даже остановить станок в случае, например, поломки инструмента. В некоторых системах контроля контролирующие автоматы при нарушении технологического процесса подают звуковой или световой сигнал.

Активный контроль позволяет свести к минимуму возможность брака. Это подтверждается, например, опытом Первого государственного подшипникового завода в Москве, где работает около 800 систем активного контроля.

Конструкция и назначение автоматических устройств контроля весьма разнообразны. В них используются законы механики, оптики, электротехники. Особенно распространены электрические контролеры, которые отличаются быстротой действия, малыми размерами и малой массой, позволяют передавать результаты контроля на большие расстояния.

Рассмотрим, например, как контролируется скорость газа в трубах химического завода. В трубе закреплен датчик — тонкая платиновая проволочка длиной несколько сантиметров. Она нагревается протекающим по ней электрическим током до 100—400° С. Сопротивление же металлического проводника, как известно, при понижении температуры падает. Чем больше скорость газового потока, тем сильнее охлаждается проволочка, тем, следовательно, меньше ее электрическое сопротивление и больше сила тока в цепи. Вследствие изменений силы тока срабатывает электромагнитное реле, которое приводит в действие механизм, уменьшающий или увели-





Механический контролер. Если частота вращения вала машины окажется выше допустимой, автомат защиты прекратит подачу энергии.

Внизу: автомат защиты с фотоэлементом сделал безопасной работу на прессе.

чивающий поступление газа. Таким образом автомат-контролер активно воздействует на объем подаваемого по трубам газа.

Следует отметить, что и наиболее простые, *механические контролеры* не собираются оставлять свое рабочее место. Наоборот, их становится все больше и больше. Вот один из них.

В цехе, изготовляющем шарики для подшипников, стоит простой автомат, контролирующий их размеры. Из бункера шарики один за другим катятся по желобу без дна, причем борта желоба не параллельны друг другу, а постепенно расходятся. В том месте, где диаметр шарика точно равен ширине желоба, шарики проваливаются вниз и попадают в отсеки приемника. Самые мелкие шарики падают в начале желоба, наиболее крупные — в конце его. Шарики одинакового размера попадают в один бункер. За час такая простая установка может рассортировать несколько тысяч шариков.

Выбор системы того или иного контрольного автомата, его конструкция определяются многими факторами — скоростью действия, точностью контроля, простотой схемы, стоимостью автомата.

Надежная защита

Другая «профессия» автоматических устройств — *автоматическая защита.* Выполняя эту обязанность, автоматические устройства не только сигнализируют об опасностях, связанных с отклонением от технологических норм, но и останавливают весь процесс.

Простейшие устройства защиты — обыкновенные электрические «пробки» в вашей квартире. Они охраняют сеть от слишком большой силы тока — возможной причины пожара или других неприятных последствий. Как только в квартире возникает короткое замыкание, тоненькие свинцовые или медные проволочки в «пробках» расплавляются — «перегорают», и ток автоматически выключается. Более удобны «пробки» с биметаллической пластинкой. Если через них протекает ток, сила которого превышает допустимое для цепи значение, то пластинка, нагретая током, изгибается и размыкает электрический контакт. Охладившись, пластинка принимает первоначальную форму, замыкает контакт, и в квартиру снова поступает электрический ток.

Чрезмерная частота вращения вала очень опасна для мощных генераторов, компрессоров и насосов. Это явление обычно возникает при резком уменьшении нагрузки, например в результате аварии. Чтобы не допустить разрушения машины, на валу укрепляют грузы, удерживаемые в соответствующих углублениях пружинами. Когда частота вращения вала превысит нормальное значение, пружины уже не смогут удерживать грузы, и центробежные силы заставят их выйти из углублений и задеть за спусковой крючок. Моментально включается тормозной механизм или реле, которое прекратит подачу энергии к машине, остановит ее.

В нашей стране построены крупнейшие высоковольтные линии электропередачи. Короткое замыкание на такой линии, которое может возникнуть, например, при обрыве провода,— серьезная авария. Но от нее не пострадают ни генераторы, ни трансформаторы, ни соседние станции, включенные в ту же сеть. Линию зорко охраняют мощные автоматические выключатели. При коротком замыкании они отключают аварийный участок, а потребители продолжают получать электроэнергию от других станций.

Опасны и перенапряжения, возникающие в линии, например, при ударе в нее молнии. Поэтому все воздушные линии электропередачи, а также и линии связи оснащают специальными автоматическими устройствами защиты — *разрядниками.* Если нет перенапряжения, разрядник, включенный между

проводом и землей, бездействует. При ударе молнии в провод возникающее в нем высокое напряжение зажигает между электродами разрядника электрический разряд, подобный электрической дуге. В момент разряда провод на доли секунды оказывается замкнутым на землю. Этого вполне достаточно, чтобы снять с линии излишки зарядов. Когда опасность перенапряжения минует и напряжение снизится до нормального, разряд между электродами разрядника прекратится, сопротивление воздушного промежутка восстановится и линия «отключится» от земли.

Все больше и больше появляется у нас автоматических устройств, охраняющих жизнь и здоровье людей.

Каким бы опытным ни был рабочий, обслуживающий пресс, может случиться так, что рука его попадет в опасную зону. Однако к прессу приставлено автоматическое устройство, которое предотвращает несчастные случаи. Как же оно действует?

Лучи света от лампочки проходят через опасную зону и попадают на фотоэлемент. Пресс работает. Но стоит рабочему загородить лучи, поступающие на фотоэлемент,— сработает реле. Оно отключит муфту, соединяющую электродвигатель с приводным валом пресса, и пресс автоматически остановится.

На многих заводах и фабриках, выпускающих текстильные изделия, химические продукты и т. д., велика опасность возникновения пожаров. Поэтому там необходимо принимать самые действенные противопожарные меры.

По потолку пожароопасного помещения проложены трубы, в ответвлениях которых установлены устройства, напоминающие обыкновенные форсунки. Если возникнет пожар, то температура в помещении значительно возрастет, отчего легкоплавкие вставки, закрывающие входные отверстия форсунок, расплавятся. Автоматически включатся насосы, и потоки воды погасят пожар.

Автоматическое регулирование

Важная отрасль автоматики, без которой не может обойтись современная техника,— *автоматическое регулирование*. Задача его состоит в том, чтобы в течение определенного времени сохранять заданное, установленное значение регулируемой величины. Применяется автоматическое регулирование там, где необходимо поддерживать работу автоматов или прохождение какого-либо процесса в заданном режиме. Например, там, где надо строго сохранять постоянство частоты вращения вала, температуру и т. д.

Откройте капот автомобиля. Среди прочих устройств, обеспечивающих его нормальную работу, вы найдете *реле-регулятор*. Для чего он?

Каждый автомобиль имеет свою «электростанцию» — генератор постоянного тока. Напряжение, вырабатываемое им, зависит от частоты вращения вала автомобильного двигателя. Если бы не было автомата, следящего за напряжением генератора, то при малой частоте вращения вала генератор не подзаряжал бы аккумулятор, а при большой — перегорали бы лампочки фар и выходили бы из строя другие электрические приборы.

Реле-регулятор работает просто: он то увеличивает, то уменьшает сопротивление обмотки возбуждения генератора. Стоит напряжению генератора чуть-чуть подняться выше нормы, замыкаются контакты электромагнитного реле и в цепь возбуждения включается дополнительное сопротивление. Сила тока в этой цепи уменьшается, магнитное поле генератора становится слабее — напряжение генератора понижается.

Есть и *следящие* автоматические системы. К городу приближается самолет. Антенна радиолокатора приняла слабый отраженный сигнал, и тотчас вступила в действие автоматическая следящая система. Она будет держать антенну направленной точно на самолет.

Широко распространены копировальные фрезерные станки, работающие по принципу следящих устройств. Они изготовляют копии деталей по моделям. На станке устанавливают заготовку. Легкий щуп скользит по модели, и движения щупа передаются на фрезы, которые обрабатывают заготовку, делают точную копию модели.

Автоматическое управление

Созданы и более совершенные станки, которым модель не нужна. Они работают прямо по чертежу, который станок «читает» с помощью фотоэлемента. А некоторые станки человек «научил» работать по сигналам, записанным на магнитофонную ленту.

По обмотке электродвигателей постоянного тока, особенно мощных, при пуске протекает ток такой силы, что обмотки могут просто сгореть. Кроме того, большие толчки тока в сети сказываются на работе других подключенных к ней двигателей.

Поэтому при пуске мощных электродвигателей применяют пусковой реостат — переменное электрическое сопротивление, которое можно менять плавно или скачком. Им можно пользоваться вручную. Рабочий, включив двигатель, смотрит на амперметр — указатель силы потребляемого тока. Набирая обороты, двигатель сокращает потребление тока из сети. Рабочий при этом поворачивает рукоятку пускового реостата, уменьшая его сопротивление, и не дает силе тока упасть ниже нормы. И так до тех пор, пока двигатель не войдет в нормальный режим.

Но значительно лучше работает схема автоматического пуска двигателя. Рабочему остается только нажать кнопку «пуск». Чувствительные реле изменят сопротивление в цепи якоря и обеспечат нормальный пуск электродвигателя.

А вот пример посложнее.

Прокатный стан — гигант современной техники — выдает очень важную продукцию: стальные рельсы, балки, полосы. В нем насчитывается несколько десятков двигателей самой различной мощности. Главный двигатель стана приводит в движение прокатные валки, его мощность равна нескольким десяткам мегаватт — мощность достаточная, чтобы осветить город с 50-тысячным населением.

Стан дает хорошую продукцию лишь в том случае, если все его узлы и механизмы работают слаженно. Эта слаженность обеспечивается системой автоматического управления.

Только связанные в единую систему автоматы способны управлять таким сложным устройством, как этот прокатный стан. Поэтому автоматическое управление все чаще осуществляется с применением электронного «мозга» — *вычислительной машины*. Получая информацию от датчиков управляемого объекта, «мозг» автоматического устройства — вычислительная машина — анализирует ее, быстро находит единственно правильное решение и отдает соответствующее приказание. Но об этом подробнее вы прочтете в статье «Управляющие машины и системы управления».

Телемеханика — управление на расстоянии

Автоматическое управление применяется не только в промышленности, но и на транспорте, в энергетике и даже при управлении полетом ракет, искусственных спутников Земли и, конечно, космических кораблей.

Вывод корабля на расчетную орбиту или приземление его — сложнейшая задача современной техники. Еще более сложным является управление движением межпланетных автоматических станций или спуск на поверхность Луны луноходов и проведение с их помощью сложнейших научных экспериментов. Трудность состоит, в частности, в том, что исполнительными механизмами, всем комплексом технических средств космических посланцев нужно руководить с Земли, т. е. на расстоянии. Успех таких полетов обеспечивают десятки автоматических помощников, управляемых на расстоянии.

Изучает и создает устройства, с помощью которых можно управлять машинами-автоматами, контролировать их работу на расстоянии, а также автоматически поддерживать связь между территориально удаленными объектами, особая область техники — *телемеханика*.

Телемеханика — родная сестра автоматики. Пример наиболее распространенного телемеханического устройства — автоматические телефонные станции (АТС). Набирая номер телефона, вы посылаете электрические импульсы на АТС, и автомат производит соединение с абонентом (см. ст. «Электрическая связь»).

Прежде чем подробнее говорить о применении телемеханики, отметим, что существует два вида управления на расстоянии: *дистанционное* и *телеуправление*. Когда осуществлено дистанционное управление, то на каждую операцию, на каждую управляющую цепь выделяется своя линия связи. Предположим, имеется 5 лампочек, каждую из которых вы хотите зажигать и гасить на расстоянии независимо от остальных. Для этого потребуется 6 проводов (5 прямых — по числу лампочек и один обратный — общий). Понятно, такую систему целесообразно использовать лишь на незначительных расстояниях, в пределах, например, одного здания, иначе она окажется слишком дорогой да и не очень надежной.

При телеуправлении, наоборот, по одной линии связи передается несколько сигналов, причем передающее устройство автоматически выбирает нужный канал и объект, которому предназначена команда. Автоматический выбор *(селекция)* пути распространения сигнала — один из основных признаков телемеханических устройств. Схемы селекции очень сложны, но представление об их работе можно получить на таком примере. Пусть по каналу связи передается три сигнала: первый частотой 5 кГц, второй — 10 и третий — 15 кГц. На другом конце линии включены 3 приемника, каждый из которых настроен на 5, 10 или 15 кГц. Когда оператор передает сигнал 5 кГц, его принимает только первый прием-

ник, остальные на него реагировать не будут, и т. д. Такой вид селекции называется частотной селекцией. Применяются и другие виды селекции.

Теперь коротко остановимся на основных областях применения телемеханики.

Впервые широкое применение телемеханика получила в энергосистемах — для управления с единого диспетчерского пункта сложным комплексом электростанций, подстанций и линий электропередачи. В 1940 г. были построены первые гидроэлектростанции, управляемые на расстоянии, на канале имени Москвы, а в конце 1965 г. вступила в строй крупнейшая в мире Единая энергетическая система Европейской части СССР с центральным диспетчерским пунктом в Москве, оборудованным средствами телемеханики. Сейчас по существу все энергосистемы страны оборудованы средствами телемеханики, а большинство малых гидроэлектростанций управляются на расстоянии и работают либо совсем без дежурного персонала (полностью автоматизированные ГЭС), либо дежурный персонал непосредственно в управлении ГЭС не участвует.

Широко применяется телемеханика в нефтяной и газовой промышленности. На нефтепромыслах устройствам телемеханики поручены контроль и управление нефтяными, водозаборными скважинами и скважинами, по которым закачивают воду в пласт, а также нефтесборными пунктами, компрессорами, очистительными и другими установками. Без телемеханики невозможна была бы нормальная работа магистральных трубопроводов, протяженность которых нередко достигает нескольких тысяч километров. Телеуправление задвижками, отсекателями, кранами, передача аварийных и других служебных сигналов — все это осуществляется с помощью многочисленных приборов и аппаратов по радиорелейным и кабельным линиям связи, протянувшимся вдоль нефтепроводов.

Железнодорожный транспорт также не обходится без устройств телемеханики. На электрифицированных дорогах применяется телеуправление сетью электроснабжения, в частности тяговыми подстанциями, которые теперь почти полностью автоматизированы. Широко внедрено телеуправление стрелками и путевой сигнализацией (диспетчерская централизация).

Применяется телемеханика также для получения и передачи метеорологических данных в гидрометеоцентры и на метеостанции, где по ним составляются прогнозы погоды. Сотни метеостанций в разных районах страны запускают в небо радиозонды, которые передают метеорологам данные о состоянии атмосферы по нескольку раз в день. Радиозонд — это радиотелеизмерительное устройство, которое запускается в верхние слои атмосферы и передает на метеостанцию радиосигналы телеизмерения атмосферного давления, температуры и влажности. Кроме радиозондов широко применяются также автоматические геофизические ракеты, метеорологические спутники.

Исследование космического пространства и планет Солнечной системы с помощью автоматических космических аппаратов — одна из областей человеческой деятельности, развитие которой невозможно себе представить без использования всех средств телемеханики и, конечно, автоматики. Этой области техники в этом томе посвящены специальные статьи, здесь же мы лишь скажем, что новый этап космической телемеханики начался 17 ноября 1970 г., когда автоматическая станция «Луна-17» совершила мягкую посадку на поверхность Луны и началось путешествие «Лунохода-1». Им управляли с Земли с помощью средств телемеханики на расстоянии около 400 тыс. км.

Влияние всевозможных автоматических устройств на развитие техники, промышленного производства из года в год возрастает. Человек перекладывает на плечи автоматов все больше и больше обязанностей. Телемеханика — непременная спутница автоматики, и именно она помогает автоматическим устройствам «общаться» друг с другом. В этом состоит одна из важнейших функций телемеханики в современной технике.

Комплексная автоматизация

Простые детали, например болты, винты, гайки, успешно делает один станок-автомат. Если же деталь сложна, если для ее изготовления необходимы токарные, сверлильные, фрезерные и шлифовальные работы, то станки выстраивают в ряд, создают *автоматическую поточную линию*. Каждый станок, выполнив свою операцию, передает деталь соседнему станку, и так до тех пор, пока полностью не завершится обработка детали. Руководят линией, контролируют работу всех ее элементов с пульта управления.

Первая автоматическая линия в нашей стране была пущена в 1939 г. на Сталинградском (ныне Волгоградский) тракторном заводе, где работали автоматические гидравлические станки, изготовляющие пальцы для тракторных гусениц. Рабочий-рационализатор Иван Иночкин, использовав цепную передачу, заставил детали перекатываться от станка к станку.

Эта автоматическая линия состояла из 5 станков и выполняла всего лишь 10 операций. Современные автоматические линии, изготовляющие сложные детали, производят сотни операций. Так, например, для изготовления блока автомобильного двигателя требуется 180 станков!

На поточных линиях автоматизируются не только *основные* производственные операции, но и *вспомогательные* — от транспортировки до упаковки готовой продукции.

В нашей стране число автоматических поточных линий растет из года в год. Наиболее перспективны при выпуске штучных изделий линии, получившие название *роторных*. В роторном автомате деталь и инструмент для ее обработки располагаются на *барабане (роторе)* и вращаются вместе с ним. Как же происходит обработка детали?

Как только деталь оказывается закрепленной в роторе, инструменты, «нацеленные» на нее, уже готовы действовать. Поворачивается ротор вокруг своей оси — инструменты получают сигнал от специальных приспособлений — *ползунков* — и начинают обрабатывать деталь. Совершил ротор почти полный оборот — производственная операция завершена. Специальные захваты, смонтированные на соседнем, так называемом транспортном роторе, принимают деталь и передают ее другому рабочему ротору — для производства следующей операции. Так деталь переходит от одного вращающегося ротора к другому, пока ротор, стоящий в конце линии, не выдаст готовое изделие.

Роторные линии оказались исключительно удобными для изготовления пластмассовых деталей методом прессования. Вот одна из таких линий.

...Пресс-порошок для изготовления детали из бункера поступает на первый ротор линии и делится на равные порции. Потом он ссыпается в специальные гнезда, где под давлением в 50—70 МПа спрессовывается в стандартные таблетки. Транспортный ротор подает таблетки в ротор предварительного нагрева. Здесь они под действием тока высокой частоты разогреваются до 120—140° С, после чего специальные толкатели подают их в прессовочные формы ротора прессования. Когда таблетка оказывается в матрице, опускается пуансон, и под давлением в 25 МПа таблетка принимает форму будущего изделия. После того как пластмасса затвердеет, изделие переносится на ротор механической обработки, где с него снимают заусеницы. Дальше — на конвейер проверки качества и упаковки (см. раздел «Химическая промышленность»).

На роторной линии, о которой мы рассказываем, можно одновременно изготовлять четыре разных изделия, причем линия легко перестраивается на выпуск изделий любой формы и массы. Производительность такой линии до 17 млн. изделий в год — в 10 раз больше, чем у гидравлических прессов, применявшихся ранее для прессования пластмассовых изделий. При этом вся роторная линия, состоящая из 5 рабочих роторов, занимает площадь в 3 раза меньшую, чем 6—7 гидравлических прессов той же производительности.

Автоматические линии — важное средство комплексной автоматизации целых предприятий.

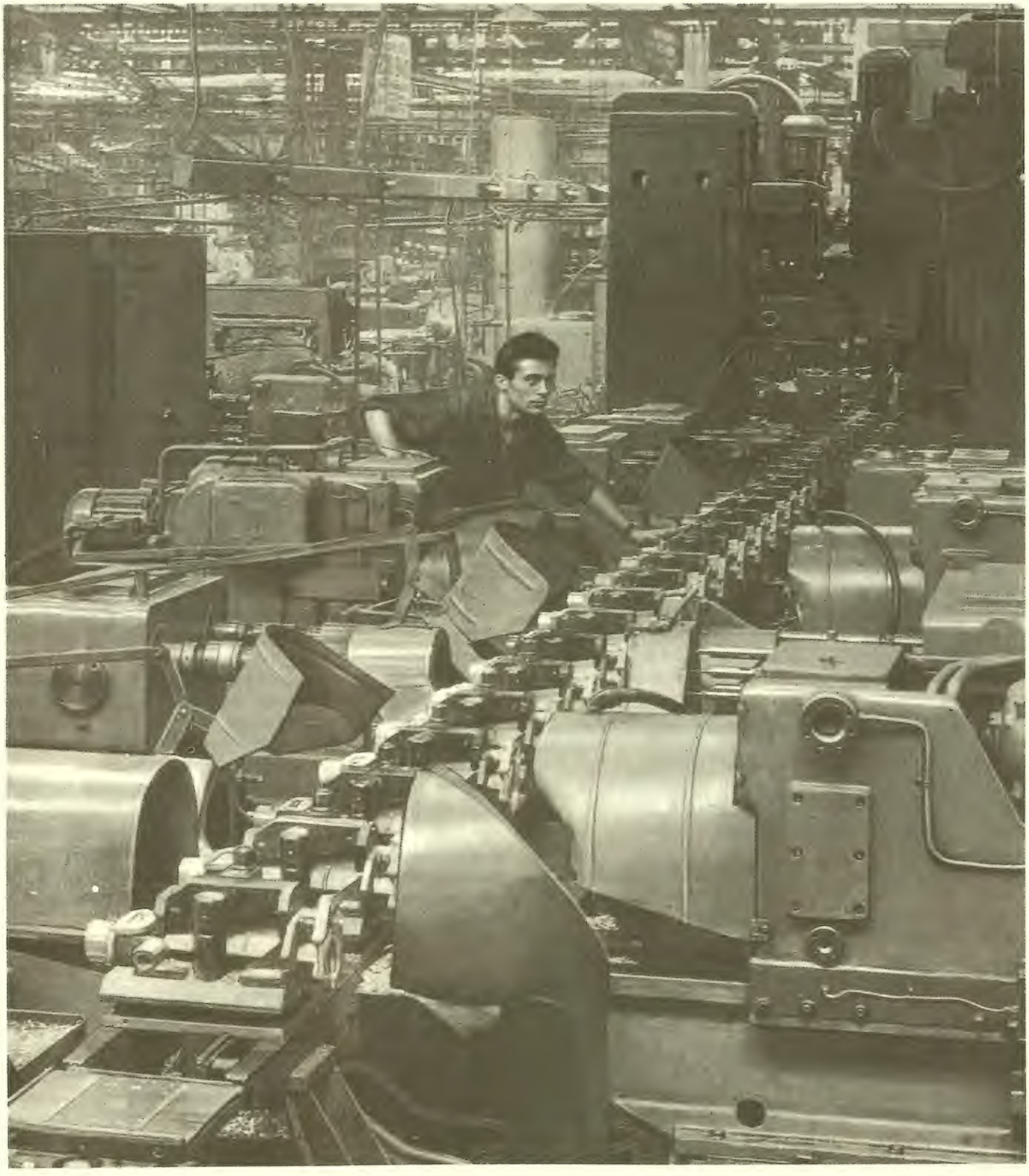
Первым полностью автоматизированным предприятием в нашей стране стал завод, выпускающий поршни для автомобильных двигателей. В состав завода входят 4 основных производственных участка: плавильный, где плавится алюминий и разливается в металлические формы — кокили; термический, где отлитые поршни проходят термическую обработку; участок механической обработки, состоящий из цепи токарных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станков, и участок автоматической сортировки и упаковки.

С диспетчерского пункта завода, оборудованного различными средствами сигнализации, контроля, учета и управления, следят сразу за всем производством. Завод выпускает 3000—3500 поршней за смену, а работает на нем всего 5 операторов.

Этот завод появился давно, он сравнительно невелик. Уже действуют полностью автоматизированные бетонные заводы, гидроэлектростанции, хлебозаводы и заводы по изготовлению искусственного шелка.

Так обстоит дело сегодня. А о том, как будет дальше развиваться автоматизация, вы можете прочитать в статье «Что будет завтра».

Один из цехов-автоматов Первого Государственного подшипникового завода.



Автоматизация и кибернетизация в век научно-технической революции

Бурное развитие науки и техники в середине XX в. по праву можно назвать научно-технической революцией. Одна из ее примет — комплексная автоматизация производства, охватывающая все новые и новые отрасли промышленности. Первый в нашей стране завод-автомат, о котором рассказывалось в предыдущей главе, был построен в 1949 г.; полностью автоматизированные предприятия строились и за рубежом. Их роль в техническом прогрессе не вызывает сомнения. И все же большого распространения такие предприятия не получили. И вот почему.

Представьте себе, что потребовалось изменить конструкцию поршней, выпускаемых автоматическим заводом, о котором говорилось выше. Завод придется остановить на довольно длительное время, чтобы переналадить станки. Или другой случай: отказал один из станков — останавливается вся линия. Снова потеря времени. А чтобы эти потери были меньше, приходится увеличивать число обслуживающих наладчиков. Ведь основной показатель эффективности автоматизации — резкий рост производительности труда наряду с улучшением условий труда. Многие автоматические линии прошлых лет не давали большого выигрыша в производительности, особенно если учесть, что проектирование и сооружение таких линий обходилось слишком дорого. Они были не очень надежны и, кроме того, не позволяли оперативно вмешиваться в технологию производства.

Но это не всё. Автоматизация целесообразна тогда и только там, где предприятие и народное хозяйство в целом получают от автоматизации реальную экономическую выгоду. Это значит, что затраты труда на производство одного изделия, стоимость этого изделия должны непрерывно уменьшаться. Предположим, в цехе работало 100 станков и их обслуживали 100 рабочих. Благодаря автоматизации удалось высвободить 50 работающих, и теперь один рабочий обслуживает 2 станка. Экономия труда, или фонда заработной платы, составила 50 %. Но вот конструкторам автоматических устройств удалось весь станочный парк цеха разбить на отдельные линии по 10 станков, и каждую линию обслуживает один рабочий. В цехе теперь работают 10 человек, а это дает еще 40 % экономии первоначального фонда зарплаты. Идти дальше? Стоит объединить в поточные линии не 10, а 20 станков, и в цехе останется всего 5 рабочих-наладчиков! Заманчиво! Правда, предстоят новые расходы на проектирование и изготовление более сложных автоматических устройств, на перестройку цеха и т. д. А велик ли выигрыш? Оказывается, не очень: если при переходе к обслуживанию одним рабочим 2 станков была сэкономлена половина первоначального фонда заработной платы, то переход от 10 к 20 сберегает лишь 5 %. И какой ценой? Ведь приходится решать множество инженерных задач, приобретать новое оборудование и т. д.

Тупик? Да, если автоматизировать производство на основе старой, пусть испытанной технологии, на том же уровне производительности машин, как и в неавтоматизированном производстве. Поэтому автоматизация будет выгодна лишь тогда, когда, во-первых, будет обеспечена исключительно *высокая производительность* машин и оборудования. Повышение производительности машин на основе прогрессивной технологии — важнейшее условие эффективности автоматизации. В машиностроении, например, прогрессивная технология связана с новыми способами обработки деталей лазерами, плазмой, ультразвуком, электронным лучом, а также с прецизионным литьем и другими методами получения точных заготовок (см. статьи «Новые методы обработки» и «Металл и форма»).

И второе — желанная цель будет достигнута лишь в том случае, когда *управление* станками, машинами, цехами и всем производством в целом будет построено не на механическом, а на *кибернетическом принципе*. Что это означает?

Кибернетика — наука об управлении, она изучает общие свойства и законы, присущие различным системам управления. А так как в автоматизированном производстве задача управления является важнейшей, *кибернетика стала теоретической основой автоматизации производства*. Вторжение кибернетики в практическую деятельность человека было подготовлено всем ходом научно-технического прогресса и в последние десятилетия явилось закономерным его этапом.

Вспомним, как работал полностью автоматизированный завод по изготовлению поршней. Объектами управления на нем были 4 производственных участка — плавильный, термический, механический и участок автоматической сортировки и упаковки. Управление производилось с диспетчерского пункта, оборудованного средствами сигнализации, контроля, учета и т. д., которые позволяли следить за работой всего предприятия. Анализируя полученную информацию, оператор принимал решение, вмешивался в ход технологического процесса, обеспечивал нормальную работу всех участков. Результат в значительной мере зависел от его опыта, способности быстро анализировать сложившуюся ситуацию.

Кибернетическая управляющая система работает качественно иначе. Здесь тоже от объекта управления, например от автоматической линии, в управляющее устройство постоянно поступает информация, характеризующая управляемый объект, ход тех-

нологического процесса, внешние условия и т. д. И вся эта информация, носителями которой могут быть электрические, световые, звуковые и другие сигналы, в управляющем устройстве *накапливается, хранится* и *перерабатывается*. Для чего? Чтобы само управляющее устройство (не человек) в течение всего рабочего цикла, всего процесса *анализировало, оценивало, принимало решение* и *отдавало команды* исполнительным механизмам, обеспечивая тем самым наивыгоднейший режим работы управляемого объекта. Конечно, с такой работой могли справиться только ЭВМ, и именно они стали сердцем кибернетических управляющих систем.

Кибернетике и вычислительной технике в нашей энциклопедии посвящены специальные статьи (см. т. 2 ДЭ, статьи «Электронные вычислительные машины» и «Что такое кибернетика»), и мы не будем здесь останавливаться на том, как ЭВМ перерабатывает информацию и принимает решение. Заметим лишь, что электронная вычислительная машина не сразу «научилась» управлять производством. На первом этапе специалисты делали с ее помощью лишь вспомогательные расчеты, исследовали и моделировали отдельные элементы систем автоматического управления. На следующем этапе удалось связать ЭВМ непосредственно с управляемым объектом, и она сама обрабатывала информацию о ходе производственного процесса, производя простейшие вычисления, но не вмешиваясь, однако, в процесс управления, который по-прежнему осуществлялся оператором. Позднее обязанности ЭВМ еще более усложнились: она стала постоянно следить за ходом технологического процесса и вырабатывать руководящие указания, давать «советы» оператору, как ему целесообразнее поступить дальше. Наконец, наивысший, *кибернетический*, этап применения вычислительной техники связан с созданием *управляющих машин*, когда машина без вмешательства человека решает все задачи управления объектом, обеспечивая наиболее эффективный режим его работы.

Управляющие машины и системы управления

Возросли скорости движения автомобилей, увеличился поток машин на улицах городов. Работа водителя стала напряженной, требующей огромного внимания, и вот уже многие современные автобусы и автомобили оборудованы автоматическим переключателем скоростей.

А как помочь оператору за пультом электростанции или современного прокатного стана? Ведь перед ним бесчисленные рычаги и кнопки, с помощью которых он руководит работой сложнейших агрегатов. При управлении только одной паровой турбиной мощностью 500 МВт оператор электростанции контролирует до 200 физических величин и регулирует около 300 различных параметров. Он должен быстро и точно реагировать на все возможные отклонения в ходе процесса.

Водитель автобуса, оператор электростанции и работники других профессий прежде всего люди: им может нездоровиться, они могут устать. В такие минуты бдительность человека притупляется, реакция становится менее быстрой, снижается работоспособность мозга, и все это может быть причиной аварии.

Человеку необходим помощник, способный за доли секунды «снять» показания сотен различных датчиков и измерительных устройств, проанализировать их показания и сопоставить с заданными значениями, а затем из различных вариантов решения задачи управления выбрать лучший.

Таким помощником человека стала *электронная управляющая вычислительная машина* (ЭУВМ), или, как часто говорят, просто *управляющая машина* (УМ) — сложный автоматизированный комплекс устройств, в состав которого входят ЭВМ, устройства сбора, преобразования и передачи данных, устройства ввода и вывода информации, линии связи и др.

Как же работает управляющая машина? Как она определяет, какие из характеристик управляемого процесса наиболее важны, в каком порядке и как часто надо производить необходимые измерения, с какой точностью осуществлять регулирование?

Ответ на эти вопросы дает *алгоритмизация* производственного процесса, т. е. описание процесса в виде последовательности взаимосвязанных простейших операций. Для этого весь рабочий процесс условно расчленяют на отдельные действия и находят параметры, которые влияют на его ход или определяют качество продукции. Составленный таким образом «план действий» — *алгоритм* — записывают с помощью формального языка (системы условных команд) в виде программы для ЭВМ.

Таким будет вычислительный центр, оснащенный средствами единой системы электронных вычислительных машин; отсюда можно управлять полетом космического корабля либо работой современного автоматизированного промышленного предприятия.

Внизу слева: **пульт центрального вычислителя ЭВМ помогает оператору следить, насколько правильно машина выполняет программу вычислений.**

Внизу справа: **автоматический чертежник по команде ЭВМ вычертит любую сложную фигуру быстрее, аккуратнее, а главное, точнее, чем человек.**

В соответствии с программой ЭВМ «опрашивает» датчики и другие устройства, контролирующие работу управляемого объекта, например энергоблока на электростанции. Результаты этого опроса по десяткам каналов поступают на *входные преобразователи*, где они преобразуются в электрические сигналы, которые затем превращаются в строгие строчки и колонки цифр, понятные лишь машине да оператору за ее пультом. Полученные данные кибернетический помощник в тысячные доли секунды рассортирует,

«разложит по полочкам», сравнит с эталонами, которые он хранит в своей «памяти», и выдаст все необходимые рекомендации для управления процессом с требуемой точностью.

Автоматические устройства, которые управляли работой разнообразных и сложных машин и агрегатов, были и раньше, но все они выполняли лишь ту работу, которая была предопределена главным образом их конструкцией.

От подобных автоматов управляющая машина отличается прежде всего своим *быстродействием:* в сотые доли секунды она способна перебрать несколько тысяч вариантов решения поставленной задачи и выбрать то из них, которое наиболее полно удовлетворяет целям управления. Управляющая машина может запоминать и сохранять длительное время в своей «памяти» огромный объем информации. Машина может проанализировать возможные отклонения в ходе процесса, составить прогноз их развития и указать методы или способы устранения ошибок. Это особенно важно там, где секундная задержка в регулировании может привести к необратимым изменениям свойств получаемой продукции либо к аварии. Вот почему во многих случаях управляющая машина просто незаменима.

ЭУВМ может быть *советчиком* или *исполнителем.* В первом случае результаты обработки данных и рекомендации по управлению в виде таблиц и графиков, отпечатанных ЭВМ, или совокупности сигналов на мнемосхеме либо на телевизионном экране предлагаются оператору, т. е. ЭУВМ «рекомендует», «советует», а человек решает и делает.

Во втором случае ЭУВМ не только решает задачи управления, но и сама вырабатывает сигналы, воздействующие на органы управления агрегата, станка или установки без участия в этом процессе человека; в этом случае ЭУВМ и объект управления вместе составляют *систему автоматического управления* (САУ).

Рассмотрим, например, управляющую систему «Каскад», предназначенную для оперативного управления производством аммиака (в 1967 г. подобная система начала действовать на Новомосковском химическом комбинате).

Химический комбинат — большое и сложное предприятие. Там много цехов и агрегатов, которые часто удалены друг от друга на значительные расстояния, отличаются по технологии и виду вырабатываемой продукции. Для эффективной работы комбината необходимо, чтобы работа отдельных цехов и агрегатов, связанных одним технологическим процессом (в данном случае производством аммиака), была согласованна. Наименьшими единицами в системе управления приняты цех, склад или их отделения. Система работает как «советчик диспетчера» завода. В состав технических средств системы входят: цифровая вычислительная машина (ЦВМ) «Урал-11Б», оперативно-диспетчерское оборудование, телемеханическая система передачи данных, преобразователи представления величин, датчики технологических параметров.

Датчики системы, измеряющие давление, температуру, скорость, плотность и т. п. входных и выходных потоков продукции, устанавливают на важнейших агрегатах и на всех межцеховых коммуникациях. Показания датчиков преобразуются в электрические сигналы, которые телемеханической системой передаются на центральный диспетчерский пункт и на преобразователи величин для ввода в ЭВМ.

«Урал-11Б», получая периодически информацию об объекте, производит технико-экономический расчет показателей, ищет «узкие места» и согласует нагрузки, анализирует производственную ситуацию и вырабатывает рекомендации по наилучшему ведению процесса производства аммиака. Каждые сутки ЭВМ отключается от системы и в течение 20 мин учитывает расход электроэнергии на комбинате.

Режим работы системы — круглосуточный. Непосредственно на ее обслуживании занято 19 человек. Применение системы «Каскад» позволило значительно увеличить выпуск аммиака и снизить его себестоимость.

В СССР созданы и успешно работают такие управляющие вычислительные машины, как «Днепр», УМ-1, ВНИИЭМ, ИВ-500. В системах автоматического управления действуют ЦВМ «Урал», «Минск», БЭСМ и др. Они применяются для автоматизации управления производственными процессами в энергетике, металлургии, в химической и нефтеперерабатывающей промышленности, на транспорте и во многих других областях народного хозяйства. И в разных отраслях действуют разные системы управления. Они различаются по составу оборудования и по виду решаемых задач, по каналам связи и численности обслуживающего персонала.

Какой же из вариантов системы управления предпочтительнее? Это определяют после того, как установят, какой из вариантов системы наиболее полно удовлетворяет целям управления и при этом требует наименьших затрат времени, материальных ресурсов и оборудования. В результате такого анализа часто оказывается, что полная автоматизация настолько усложняет структуру системы, делает таким громоздким и обширным алгоритм, что, образно говоря, система управления почти полностью занята только самоуправлением.

Управляющая вычислительная машина — это очень сложный, совершенный и дорогой автомат! Поэтому использовать его для решения частных, маленьких задач все равно, что стрелять из пушек по воробьям! ЭУВМ целесообразно применять только в системах управления сложными технологическими процессами или крупными промышленными объектами, где их возможности раскрываются наиболее полно и где их применение экономически выгодно.

Ну а если система управления охватывает несколько цехов с различными технологическими циклами или даже несколько предприятий, производящих разную продукцию? В этом случае система управления строится по иерархическому принципу: в ней выделяется несколько уровней управления с четким соподчинением как внутри одного уровня, так и между уровнями. Методы и средства управления на каждом уровне отличны друг от друга и направлены на решение задач только своего уровня.

Такие системы управления функционируют при непосредственном участии человека и потому, в отличие от систем автоматических (САУ), называются *автоматизированными системами управления* (АСУ).

Важнейшее звено в АСУ — ЭВМ (либо комплекс ЭВМ, объединенных в вычислительный центр) связана с другими звеньями системы каналами передачи информации. Частично или полностью (в зависимости от типа АСУ и вида информации) автоматизируются процессы сбора, регистрации, хранения и обработки информации, т. е. те процессы, которые без ущерба для функционирования системы могут выполняться автоматами. В отличие от САУ, где человек только контролирует работу автоматов, в АСУ он активно участвует в самом процессе управления. Он оценивает результаты обработки оперативной информации, принимает решения по координированию работы отдельных звеньев АСУ, берет на себя оперативное управление при отказах или сбоях в системе обработки данных. На основе результатов проведенных измерений человек выбирает методику научных изысканий и определяет направление и последовательность проведения экспериментов, решает конкретные задачи по подбору кадров, аттестации работников и т. п.

Одним словом, важнейшие решения, влияющие на эффективность управления большими и сложными объектами (предприятие, отрасль промышленности, энергосистема и т. п.), которые основываются на опыте человека, его интуиции и потому не могут быть запрограммированы, человек берет на себя.

Создание АСУ наиболее эффективно и целесообразно в том случае, когда замена человека автоматическими устройствами либо вообще невозможна, либо сопряжена с техническими трудностями, сводящими на нет эффективность автоматизации.

Внедрение САУ и АСУ завершает комплексную автоматизацию производства, так как они позволяют охватить все сферы производственной и управленческой деятельности. И недалеко то время, когда в СССР вступит в строй общегосударственная автоматизированная система управления народным хозяйством.

Что будет завтра

Завод завтрашнего дня

Каким он будет?

Вот что по этому поводу говорит крупный советский специалист в области систем управления академик В. М. Глушков: «Основой производства станут новые автоматические линии, созданные на базе станков с программным управлением. Наша промышленность уже выпускает такие станки. Они хорошо зарекомендовали себя, их выпуск будет увеличиваться с каждым годом... Подчиняясь командам, записанным на перфорированной или магнитной ленте, машина сама обрабатывает деталь, меняет режим работы, режущий инструмент. Когда обработка закончена, человек должен лишь вынуть изделие и вставить следующую заготовку.

Но главное преимущество таких устройств вот в чем. Если требуется изготовить совершенно иную деталь, то перестраивать станок нет никакой необходимости. Достаточно вставить ленту с другой программой...»

Из высказывания видного ученого можно сделать вывод, что специалисты не считают необходимым в ближайшем будущем полностью устранить человека из цеха, от станка.

Но как изменится его труд! Рабочий будет лишь контролировать работу станка, давать ему задание, а сам процесс обработки будет доверен автоматическим устройствам. Станки с программным управлением возьмут на себя основную производственную нагрузку.

Впрочем, это только на первом этапе, а дальше появятся полностью автоматизированные цехи и предприятия.

В первую очередь полностью автоматизируют цехи и предприятия, на которых вырабатываются вредные для здоровья человека химические вещества или там, где не исключена возможность взрыва, радиоактивного облучения и т. д. Такие автоматические цехи уже есть, и Советское государство не жалеет средств на оснащение их сложными и дорогостоящими устройствами автоматики и телемеханики. Координирует работу таких автоматизированных цехов и предприятий АСУП — автоматизированная система управления предприятием. Их уже немало в нашей стране.

Что такое АСП?

А каким будет завтрашний день сельского хозяйства?

Промышленность и сельское хозяйство — взаимосвязанные части нашего народного хозяйства, и технический прогресс в промышленности неизбежно влечет за собой коренные изменения в сельском хозяйстве. Различные его звенья все больше и больше подвергаются комплексной механизации, и задача завтрашнего дня — создание *автоматизированных сельскохозяйственных предприятий,* или АСП, как их сокращенно называют. Таких предприятий еще нет, но ученые уже начали работать над их созданием. Сейчас достигнут высокий уровень механизации в сельском хозяйстве, но без человека сельхозмашины пока не работают.

Каким же видят ученые АСП будущего?

Прежде всего, одни сельскохозяйственные работы проводят только в поле (обработка почвы, внесение удобрений, посев и сбор урожая), другие — только в стационарных условиях (разделение урожая на фракции, первичная обработка продуктов и т. п.). Стационарные пункты расположатся рядом с животноводческими фермами, железнодорожными станциями, перерабатывающими предприятиями. Работы, проводимые в стационарных условиях, легче автоматизировать, так как в этом случае могут быть использованы конструктивные решения, которые уже широко применяются в промышленности.

Автоматизировать полевые работы сложнее. Но ученые предполагают, что создание новых видов комплексных удобрений, средств «химической прополки» позволит значительно сократить количество типов машин, которые будут работать на полях. Причем машины будут более совершенны, надежны и меньше по размеру, чем современные. Крупнейший советский ученый, специалист в области машиностроения, академик И. И. Артоболевский говорит, что если значительно увеличить скорость пахоты и некоторых других операций по обработке почвы, то это приведет к широкому распространению плугов с автоматически настраивающимися на оптимальное качество работы вибрирующими и импульсными рабочими органами. Основным типом посевного агрегата станет комбинированная сеялка, оборудованная специальными устройствами, позволяющими выполнять несколько операций, например обработку почвы, посев, внесение удобрений. Использование устройств типа лазеров вместо режущих и измельчающих аппаратов позволит механизировать уборку сельскохозяйственных культур.

Специалисты уже видят контуры теплиц, оборудованных системами автоматического регулирования освещения, температуры и влажности воздуха. В таких системах в качестве регулирующих сигналов будут использованы биотоки растений. На животноводческих фермах раздача кормов, уборка навоза, включение технологических и облучающих установок будут полностью автоматизированы.

Управлять такими сельскохозяйственными предприятиями будут, так же как и заводами, автоматизированные системы управления.

И все это не столь уж далеко. По мнению специалистов, сельскохозяйственные машины-роботы, например тракторы-автоматы, уже к 1980 г. в ряде стран станут обычным явлением. Они будут работать без водителя по программе, записанной на магнитную ленту, а их работу будут контролировать вычислительные устройства.

Подведем итоги...

Итак, автоматика и кибернетика решительно вторгаются в жизнь современного общества. Эти понятия стали для вас такими же привычными, как спутник, машина, телевизор, телефон. Прочитав этот раздел, вы узнали, как работают современные автоматы, где наиболее целесообразно их использовать, из каких элементов и узлов они состоят. Вы узнали также, что история автоматов («автомат» в переводе с древне-

греческого языка означает «самодействующее устройство») насчитывает не одну тысячу лет, но что почти все они вплоть до XVIII в. либо были в руках духовенства и служили средством воздействия на верующих, либо выполняли роль занимательных «игрушек» в домах знати. Именно эти самодействующие игрушки стали прообразами современных автоматов. Как же совершалась эта эволюция?

Совершенствование инструментов, приспособлений и приемов труда в конце XVIII — начале XIX в. создало условия для замены ручного труда машинами и механизмами, для *механизации производства*. Это привело к тому, что рабочий стал затрачивать сил меньше, а работу делать бóльшую, чем при ручном труде. Этот скачок в уровне и масштабах производства получил название *промышленной революции* XVIII—XIX вв. В технике наступила эра машин.

Итак, машины освободили человека от тяжелого ручного труда. Но от рабочего потребовалось постоянное внимание к их работе и непрерывное наблюдение за нею. А часто и ему приходилось браться за тяжелые рычаги и колеса. Попытки применить самодействующие устройства, копирующие движения рабочего, не принесли ожидаемого результата: слишком сложными, громоздкими и дорогими получались эти автоматы. От них отказались, но мысль о том, что на многих работах человека можно заменить автоматами, уже овладела умами изобретателей. И по мере того как совершенствовались машины и усложнялась технология производства, все большее применение находили автоматические устройства *регулирования* и *управления*. При этом автоматы сами не плавили металл, не обрабатывали на станках детали, не вращали турбины, но они контролировали температуру в доменной печи, следили за движением суппорта, регулировали частоту вращения гидро- и турбоагрегатов. Работа автоматов неразрывно связана с *преобразованием, передачей* и *хранением* различных сведений, исходных величин, результатов измерений и т. п., что сейчас называют *информацией*, в этом и заключается то общее, что присуще всем без исключения автоматическим устройствам.

Механизация производства позволила человеку по-новому организовать свой труд: человек стал меньше тратить сил на тяжелую ручную работу и больше заниматься контролем и наладкой машин, их регулированием. Но сложная техника требовала уже не просто «грамотной» работы, а «отличной», чтобы станок или машина работали точно и экономично.

Решение этой задачи стало возможно лишь при *автоматизации производства*, когда контроль и управление, которые ранее выполнялись человеком, стали осуществляться автоматическими устройствами. За короткое время, всего за последние 30—40 лет, были созданы автоматические станки и приборы, автоматические линии.

Однако применение автоматов в сочетании со старыми машинами и агрегатами было малоэффективно. Необходимо стало перестроить производство, т. е. необходима стала не просто автоматизация, а *комплексная автоматизация производства*.

Но как учесть все возможные отклонения в ходе работ на отдельных участках, согласовать, например, потребность цехов в материалах и энергии с четкой, безостановочной работой главного конвейера? Какая должна быть при этом связь между цехами и отделами предприятия, как выбрать наилучшую систему управления предприятием, по каким признакам судить о том, насколько хорошо идет работа?

Эти и многие другие задачи, связанные с проблемой управления техническими системами (будь то завод, цех, строительство, электростанция, сложный агрегат или автоматическая линия), являются основным предметом изучения одной из отраслей кибернетики, получившей название *технической кибернетики*.

Автоматизация производства стала одним из важнейших факторов современной *научно-технической революции*, открывающей перед человеком безграничные возможности преобразования природы, создания материальных ценностей и умножения его творческих способностей. От автоматического суппорта Нартова и регулятора Ползунова — к комплексной автоматизации производства на базе сплошной электрификации с применением электронных управляющих вычислительных машин; от классической механики и теории автоматического регулирования — к технической кибернетике — таков итог развития техники за последние 200 лет.

Техника не стоит на месте: непрерывно совершенствуются и создаются новые, более производительные машины и агрегаты, разрабатывается новая технология, основанная на последних достижениях физики, химии, математики и других наук, совершенствуются методы и средства управления. Многое уже сделано, но, чтобы достичь высшего уровня автоматизации, ученым, инженерам, всем советским людям предстоит еще выполнить колоссальную работу. Автоматизация и кибернетизация производства во всех областях народного хозяйства позволят в недалеком будущем завершить создание материально-технической базы коммунизма. И для этого нужны светлые головы, отличные знания и ваши умелые руки, юные читатели!

Электрическая связь, радиотехника и электроника

О будущем и прошлом

У меня зазвонил телефон.

— Коля, это я, Сережа! Через час по 18-й программе будет интересная передача из Владивостока. Включай телевизор.

— Приходи ко мне, вместе посмотрим.

— Не могу. Вчера улетел в Сибирь в турпоход. Сижу в тайге у костра.

— Счастливый. А я вот решил подготовиться к математической олимпиаде — приходится в каникулы заниматься. Ты, кстати, не помнишь номер телефона учебного вычислительного центра? Хочу проверить по ЭВМ решение некоторых задач.

— 8.325.027.892. Проверь и чертежи по геометрии по видеотелефону. Так не забудь посмотреть телепередачу из Владивостока и позвони мне завтра — расскажешь, как она тебе понравилась. Ты, надеюсь, не забыл номер моего личного телефона?

— Не забыл.

— Ну тогда ты найдешь меня не только в тайге, но даже и на краю земли.

Такой разговор вполне возможен уже в конце нашего века.

А сегодня...

«У меня зазвонил телефон»... Как хорошо мы с детства знаем эту фразу. И не задумываемся порой о том, что телефон — это одно из средств для передачи сообщения, или, как теперь говорят, *информации*.

Сейчас мы имеем много средств для передачи и получения информации — телеграф, телефон, радио, телевидение. По линиям связи и без них электромагнитные волны приносят нам разнообразную информацию со всех концов земного шара и даже с других планет.

Однако, когда люди еще не знали всех средств электрической связи, они тоже находили способы передачи информации на большие расстояния.

Еще в далекие времена путешественники по Африке удивлялись, как быстро весть об их появлении доходила до самых отдаленных селений. Оказывается, африканцы передавали информацию с помощью звуков барабана.

Древние люди общались друг с другом и с помощью сигнальных огней и дыма костров. Потом появилась почтовая связь, и средством информации стали письма, которые перевозились на любые расстояния. До начала XIX в. письма перевозились с помощью пеших и конных посыльных, на гребных и парусных судах. Чтобы доставить письмо, требовалось много дней и даже месяцев.

Железные дороги и пароходы ускорили передачу информации, однако настоящий переворот в этой области совершило только электричество. Оно позво-

лило передавать любую информацию в считанные секунды на любые расстояния. Для этого оказалось достаточным превратить информацию в электрический ток, передать его по линии связи, а на другом конце линии превратить ток опять в информацию.

Уже в начале XIX в. были сделаны первые попытки использовать электрический ток, текущий по проводам, для передачи информации в виде телеграмм.

Начиная с 1832 г. многие изобретатели предлагали действующие модели телеграфных аппаратов (сначала русские изобретатели П. В. Шиллинг и Б. С. Якоби, затем английские У. Ф. Кук и Ч. Уитстон). С помощью телеграфного аппарата Шиллинг и Якоби передали первую телеграмму из Петербурга в Царское Село.

Однако наиболее удачным из всех созданных аппаратов оказался аппарат Морзе, доживший до наших дней. В 1844 г. Самуэль Морзе, художник по профессии, передал телеграмму по линии связи из железной проволоки, протянутой между городами Вашингтоном и Балтиморой, использовав при этом разработанную им так называемую азбуку Морзе.

Наверное, изобретатели телеграфа и сами не подозревали, что они сделали первый шаг в новой области техники — *технике электросвязи*.

Количество линий связи для передачи телеграмм стало быстро расти. Их изготовляли из железной или медной проволоки и подвешивали на столбах, прикрепляя к специальным изоляторам. Чтобы передать больше сообщений, на каждый столб подвешивали несколько десятков проводов. Позднее провода, изолированные друг от друга гуттаперчей, стали собирать в толстые жгуты, покрывая их снаружи слоем свинца, а поверх еще обматывая железными лентами (первую такую линию сконструировал еще в 1842 г. Б. С. Якоби). Так были созданы *кабели связи*. Кабели зарывали в землю или прокладывали по дну морей и океанов. Вскоре весь земной шар был опутан телеграфными линиями связи.

Второй шаг в развитии электросвязи сделал в 1876 г. Александер Грейам Белл. Он изобрел *телефонный аппарат*, позволивший передавать по линиям связи живую человеческую речь.

Третьим величайшим шагом техники электросвязи было изобретение *радиосвязи* в 1895 г. А. С. Поповым. Теперь стало возможным передавать информацию на любое расстояние совсем без проводов (см. ст. «Радиотехника и электроника»).

Широкое распространение проводной и радиосвязи потребовало решения огромного количества сложных вопросов. Надо было создать устройства, которые бы могли *«рождать» (генерировать)* электрические колебания и радиоволны; надо было научиться *передавать* эти волны на далекие расстояния через провода связи и без них; надо было *усиливать* волны, ослабленные при прохождении длинного пути; надо было, наконец, научиться *отделять* друг от друга радиоволны, несущие различную информацию. Разработка всевозможных устройств для проводной связи и радиосвязи породила новые отрасли техники — *радиотехнику* и *радиоэлектронику*. Радиотехника и радиоэлектроника, которые начались с изобретения радиолампы, в свою очередь расширили возможности передачи информации как по проводам, так и без проводов. По паре обычных проводов линии связи стало возможным передавать одновременно тысячи телефонных разговоров. Такие линии назвали *многоканальными*. Одновременно усовершенствовалась радиосвязь. Появились многоканальные, так называемые *радиорелейные линии*, затем *радиолинии связи через искусственные спутники Земли* и многое, многое другое. В 20-х годах нашего века появилось телевидение.

Если бы мы могли начертить на глобусе все линии электрической связи, то глобус покрылся бы густой сеткой, которую мы называем *сетью электросвязи*. Сотни миллионов телефонов, сотни тысяч телеграфных аппаратов подключены к этой сети. Если, кроме того, нанести на глобус другими цветами все радиостанции и телевизионные станции и от каждой из них протянуть линии ко всем приемникам и телевизорам, которые могут принимать их программы, то мы получим вторую сеть, которую мы называем *сетью радиовещания* и *телевидения* (см. рис. на стр. 123).

Обе эти сети часто переплетаются. Ведь бывают две радиостанции, которые служат только для радиосвязи между двумя людьми, и они относятся к первой сети, и, наоборот, бывает так, что телевизионная программа из одного города в другой передается по проводам сети электросвязи.

Электрическая связь

Телефонная и телеграфная сети

Итак, электрическая связь позволяет людям передавать информацию по линиям связи или без них на любые расстояния через телефонную и телеграфную сети электросвязи, через сети радиовещания и телевидения.

Как протянуть, например, линии телефонной связи, чтобы можно было соединить каждый телефонный аппарат с любым другим? Для этого каждый аппарат подсоединяется к ближайшей станции связи. Несколько станций, расположенных недалеко друг от друга, присоединены линиями связи к одной центральной станции, называемой *узлом связи*. А узлы соединены линиями, *каждый с каждым*. Так образуется *сеть телефонной связи*.

В этой сети каждый *абонент* (т. е. владелец телефонного аппарата) может соединиться с другим абонентом, пройдя через свою станцию, через узлы связи и через другую станцию. Количество линий, соединяющих между собой станции и узлы, значительно меньше числа абонентов. (Ведь одновременно разговаривает только часть абонентов.)

Соединение абонентов друг с другом осуществляется на станциях. Естественно, что при этом каждому телефонному аппарату должен быть присвоен номер, который отличался бы от всех других. Раньше на станциях сидели телефонистки, которые отвечали абоненту, как только он снимал трубку, и соединяли его с другим абонентом. Теперь станция стала автоматической и называется АТС — *автоматическая телефонная станция*. Когда человек снимает трубку телефонного аппарата и набирает номер, он приводит в действие большое количество механизмов, расположенных на многих станциях и узлах связи. Аналогичным образом строится сеть телеграфной связи, только здесь друг с другом соединяются телеграфные аппараты.

Для создания сети электросвязи надо иметь:

1) *аппараты*, которые преобразуют информацию (звук, текст телеграммы, изображение) в электрические сигналы или, наоборот, электрические сигналы превращают в информацию (их называют *оконечными);*

2) *проводные* или *радиолинии связи,* которые позволяют передавать электрические сигналы на далекое расстояние;

3) *автоматические коммутационные станции,* оборудованные специальными устройствами, соединяющими абонентов друг с другом.

Оконечные аппараты

Телеграфные аппараты

Телеграфный аппарат Морзе был одним из первых устройств, позволивших передать сообщение на далекое расстояние. В этом аппарате каждая буква передается с помощью *ключа,* к контакту которого подключена электрическая батарея и линия связи. Нажал ключ — и в линию пошел ток, отпустил — ток прекратился (рис. 1). На другом конце линия подсоединяется к электромагниту, который при прохождении через него тока притягивает к себе рычаг, на конце которого сидит колесико, погруженное в жидкую краску. Около колесика специальным пружинным механизмом (как в часах) протягивается лента. Нажал ключ — пошел ток, рычаг притянулся, колесико отпечатало след на ленте. Быстро отпустил ключ — получилась точка, задержался немного — получилось тире. Каждая буква алфавита обозначается кодовой комбинацией из точек и тире, образующих всем известную *азбуку Морзе.* Чтобы быстрее передать сообщение, самые распространенные в тексте буквы обозначаются самой короткой комбинацией. Например, буква Е (самая распространенная буква в английском языке) обозначена одной точкой. Буква Ш, которая встречается редко, обозначена четырьмя тире. Аппарат Морзе прожил свыше 100 лет, а его код все еще очень нужен людям. Ведь сигналы бедствия на море до сих пор передаются азбукой Морзе.

Три точки — три тире — три точки (SOS) — этот сигнал знают все люди на Земле.

Современный телеграфный аппарат, применяемый на автоматических телеграфных станциях, называется *телетайп,* т. е. «печатающий на расстоянии». Он, конечно, отличается от аппарата Морзе. В нем нет ключа, а имеется клавиатура, такая же, как у пишущей машинки, и вместо точек и тире аппарат печатает сразу буквы. Интересно отметить, что Б. С. Якоби еще в 1850 г. построил буквопечатающий аппарат. Но он опередил время — только в XX в. такие аппараты нашли применение.

Телеграфные аппараты бывают разных конструкций, однако их можно разделить на два основных типа: одни печатают буквы на ленте — *ленточные аппараты,* а другие — прямо на листе бумаги, намотанном на рулон,— это *рулонные аппараты* (рис. 2). В современных аппаратах вместо азбуки Морзе используется другой — пятизначный код. Каждая буква изображается набором точек (импульсов тока) или

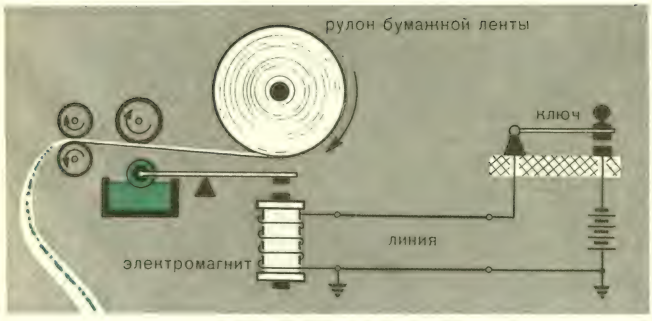


Рис. 1. Принцип действия аппарата Морзе.

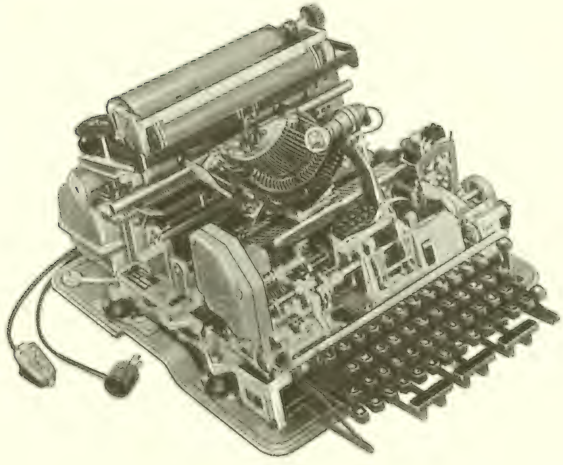


Рис. 2 *(внизу)*. Современный рулонный телеграфный аппарат (без кожуха).

пропусков между точками. Сумма точек или пропусков всегда равна 5. Если обозначить точку «1», а пропуск — «0», то буква Б выглядит так: 10011, буква Х — 00101 и т. д. Легко подсчитать, что этим кодом можно передать 32 буквы. Чтобы передать в линию импульсы тока, соответствующие каждой букве, под клавишами аппарата имеется 5 подвижных стальных линеек с зубьями, как у пилы. При этом некоторые зубья на линейках отсутствуют. Линейки расположены так, что клавиша, опускаясь, нажимает сразу на все 5 линеек. Когда под клавишу попадает зуб, то линейка сдвигается в сторону. Если зуба нет, то линейка остается на месте. Линейка, которая сдвинулась в сторону, нажимает на пружинку и включает ток.

Расположение зубьев соответствует кодовой комбинации каждой буквы. Каждой единице кодовой комбинации буквы соответствует зуб, нулю — отсутствие «зуба». Специальный «распределитель» по очереди подключает линию к пружинкам и создает импульсы тока. Эти импульсы идут в линию и попадают в электромагниты *приемного аппарата*. Специальное сложное электромеханическое устройство

«расшифровывает» эти импульсы, заставляя печатающий механизм печатать соответствующую букву на рулоне бумаги или на ленте.

Телефонные аппараты

Главные части любого телефонного аппарата — *микрофон, телефон* и *номеронабиратель* (рис. 5).

Микрофон преобразует звуковые волны в колебания электрического тока, а телефон эти электрические колебания преобразует опять в звуковые волны.

Микрофон — это металлическая коробка с угольным порошком. Сверху коробка закрыта тонкой пластинкой *(мембраной)*, сделанной из проводящего электрический ток материала. Пластинка изолирована от коробки и лежит прямо на порошке. Действие микрофона основано на свойстве у́гольного порошка менять электрическое сопротивление в зависимости от давления, с которым его сжимают. Звуковые волны речи заставляют колебаться мембрану, и она сильнее или слабее сдавливает порошок. Если к микрофону (рис. 4, *а*) присоединить электрическую батарею так, чтобы ток проходил через порошок, то сила тока будет изменяться в зависимости от сопротивления порошка. Звуковые волны превратились в электрические колебания.

Чтобы эти колебания преобразовать обратно в звуковые, применяется телефон. Он представляет собой электромагнит, около которого находится стальная мембрана. В зависимости от силы тока она притягивается к электромагниту то сильнее, то слабее и создает воздушные колебания (рис. 4, *б*).

Телефон в аппарате подключен через трансформатор. Микрофон подключен к середине первичной обмотки трансформатора и питается током от батареи на станции, когда рычаг поднят. Когда рычаг

Рис. 4. Принцип действия телефонного аппарата.

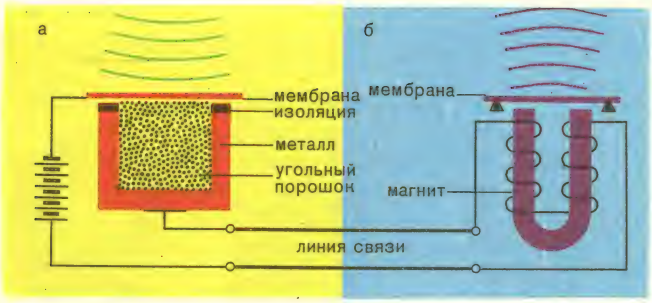


Рис. 5 *(внизу)*. Телефонные аппараты с дисковым номеронабирателем.

Рис. 6. Упрощенная электрическая схема телефонного аппарата.

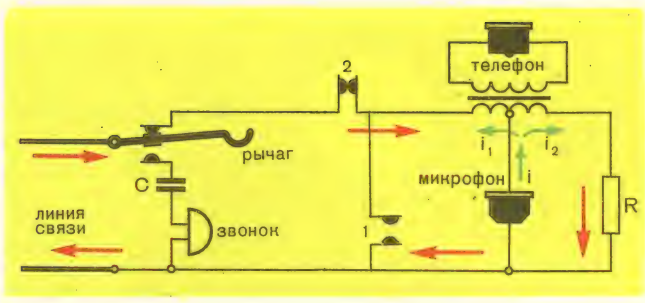


Рис. 7 *(внизу)*. Штриховой фототелеграфный аппарат.

телефона нажат (опущен вниз), телефон и микрофон от линии отключены, а к линии в это время подключен звонок, который звонит, когда с линии поступает сигнал вызова (рис. 6).

Когда трубку снимают, рычаг поднимается и в линию включается и телефон и микрофон, абонент может разговаривать с другим абонентом. Для вызова другого абонента в телефонном аппарате имеется *номеронабиратель*. Когда его диск повернут по часовой стрелке, контакт *1* замыкается и отключает микрофон и телефон от линии. Когда номеронабиратель под воздействием пружины возвращается в исходное положение, контакт *2* разомкнется и замкнется столько раз, сколько единиц в цифре, которая будет набрана. А в результате этого ток в линии будет состоять из коротких импульсов, число которых равно набранной цифре. В будущем набор номера будет осуществляться не диском, а кнопками, причем каждая кнопка будет посылать в линию ток определенной частоты (рис. 3).

Фототелеграфные аппараты

Фототелеграфный аппарат передает на далекие расстояния неподвижные изображения — рисунки, фотографии, письменные тексты и др. Принцип его работы идентичен принципу телевизионной передачи. Как и в телевидении, изображение раскладывается на большое количество мелких точек, и эти точки последовательно, одна за другой, превращаются в электрические сигналы, передаваемые в линию. Для этого в *передающем* аппарате фототелеграмму закрепляют на вращающемся барабане и освещают узким — диаметром до 0,2 мм — пучком света (рис. 8). Луч света за каждый оборот барабана сдвигается на 0,2 мм и таким образом последовательно «обходит» все изображение. Любое изображение состоит из светлых и темных частей. От светлых частей луч отражается лучше, от темных — хуже, т. е. при прохождении луча по изображению яркость отраженного света все время изменяется. Отраженный луч попадает на фотоэлемент, который изменяет силу тока в цепи в зависимости от его яркости. На выходе фотоэлемента электрический сигнал представляет собой серию различных по амплитуде импульсов, и каждый из этих импульсов соответствует определенной точке фототелеграммы.

Рис. 8. Фототелеграфный передающий аппарат.

Рис. 9. Фототелеграфный приемный аппарат.

После усиления сигнал поступает в линию связи и по ней попадает на специальную осветительную лампу в *приемном* аппарате (рис. 9). В зависимости от силы тока, поступающего с линии, лампа светится ярче или слабее. С помощью специального объектива свет этой лампы проектируется в точку на барабане, на котором навернута фотобумага. Этот барабан вращается с той же скоростью, что и барабан передатчика, а лампа вместе с объективом медленно движется вдоль оси барабана. На рулоне появляется негативное изображение, которое надо проявить и отпечатать. (Попробуйте сообразить, почему изображение будет негативным.)

Есть фототелеграфные аппараты, в которых изображения принимаются на специальную электрохимическую бумагу. Такую фототелеграмму сразу же, без дополнительной обработки, можно вручить адресату. Есть аппараты, в которых специальное электромагнитное устройство — «перо» воспроизводит рисунок на обычной бумаге. Такой *штриховой фототелеграфный* аппарат показан на рисунке 7.

Линии и каналы связи

Простые двухпроводные линии

Чтобы соединить друг с другом два аппарата (телефонных, телеграфных, фототелеграфных или других), достаточно проложить между ними пару изолированных друг от друга проводников.

Однако, чтобы соединить абонентов, которых разделяют тысячи километров, этот способ не годится. Электрический ток, проходя через такую линию, ослабляется настолько, что его и не услышишь ни в какой телефон: энергия электрического сигнала по дороге растрачивается на нагревание проводов (это, конечно, не значит, что можно ощущать этот нагрев — он очень незначителен: чтобы от мощности микрофонных сигналов могла гореть обычная электрическая лампа в 25 Вт, должны одновременно работать 25 тыс. микрофонов). К тому же в каждой линии кроме электрических сигналов, несущих информацию, имеются различные случайные электрические сигналы (их называют помехами): наводки от грозовых разрядов, плохих контактов в электросетях, хаотического движения электронов в проводнике и т. д.

Сигнал, прошедший очень длинный путь, ослабнет настолько, что он будет во много раз меньше этих помех, и мы услышим в телефоне только шум. Поэтому по дороге сигнал надо много раз усиливать и не давать ему становиться слабее шума. Для этого длинную линию делят на несколько более коротких частей, между которыми и включаются промежуточные усилители (см. ст. «Усилители»).

Следует заметить, что усилитель должен обладать способностью усиливать токи, приходящие к нему с разных сторон. Слабый ток, подведенный к усилителю слева, должен усилиться и пойти дальше направо; слабый ток, подведенный справа, должен усилиться и пойти налево. Но такой усилитель сделать невозможно! Поэтому в линию либо включаются два усилителя (рис. 10), либо делают две линии и в каждую включают по одному усилителю, которые усиливают токи, идущие в разные стороны (рис. 11). Только в первом случае усилители отделяют друг от друга с помощью специального *дифференциального*

Рис. 10. Схема включения двух усилителей: *1* — усилители; *2* — дифференциальные трансформаторы.

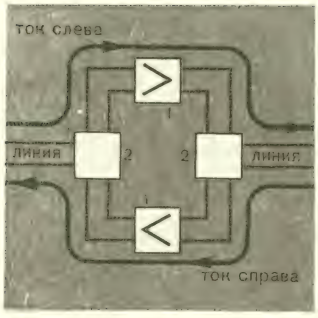
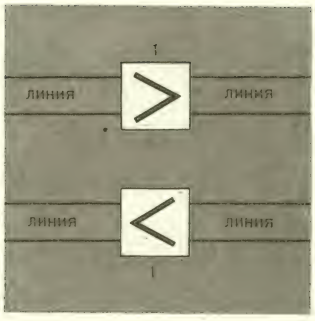


Рис. 11. Схема включения двух усилителей в две линии связи.



трансформатора, разделяющего токи разных направлений. Если построить линию связи из медной проволоки на столбах, то усилители придется устанавливать через 250 км. Однако линии, позволяющие разговаривать только двум абонентам, были бы очень дорогими. Ведь на 1000 км для двух медных проводов при диаметре каждого 4 мм требуется 100 т меди. И это на одну связь! А у нас в стране сейчас больше 15 млн. телефонных аппаратов, через которые за один год осуществляется свыше 500 млн. междугородных разговоров!

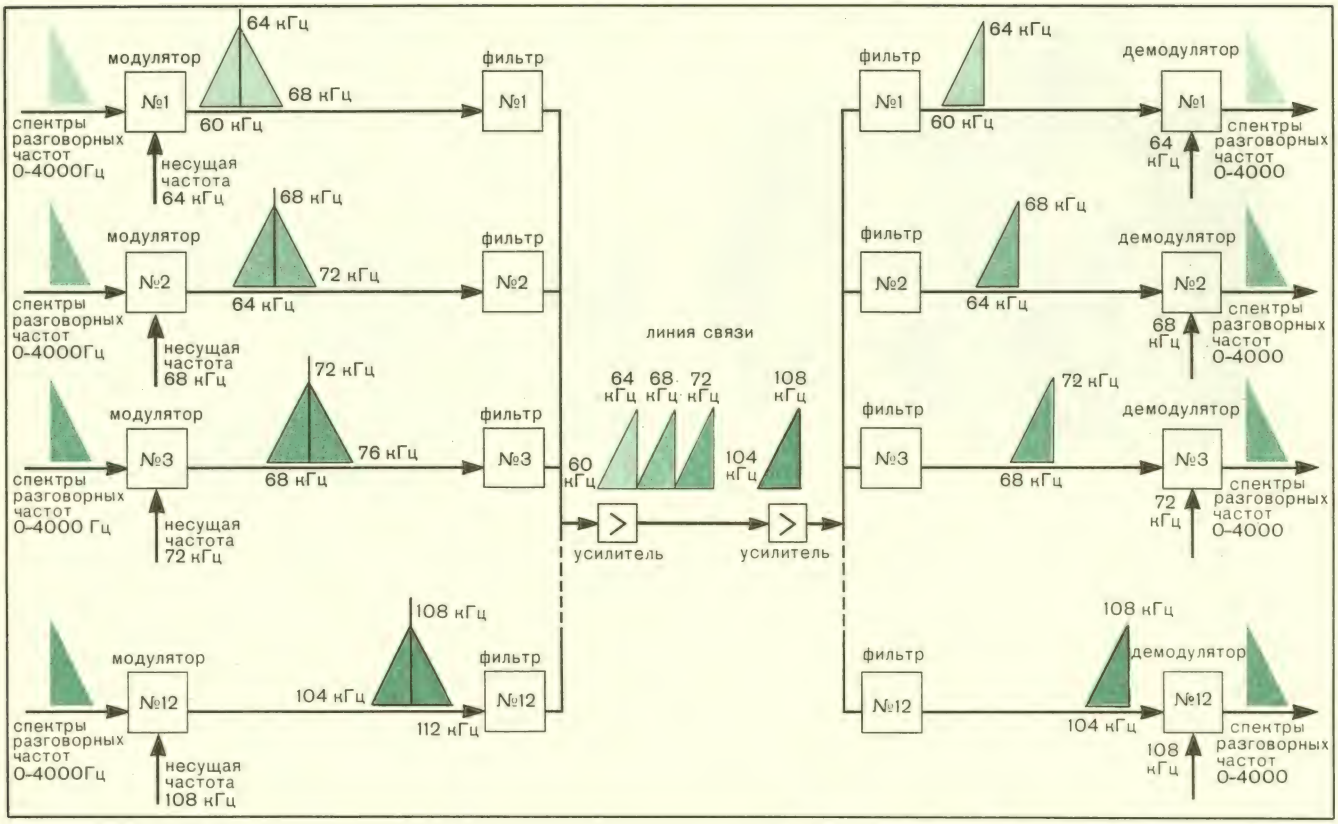
Мы уже говорили, что сократить количество линий связи помогают телефонные станции. (Ведь не все абоненты разговаривают одновременно!) Но для соединения станций друг с другом все равно надо много линий. Если бы каждый разговор между станциями велся только по паре проводов, то для линий связи не хватило бы всей меди, имеющейся в мире. Выход был найден тогда, когда были изобретены многоканальные линии связи.

Многоканальные линии связи

Электрические колебания, в которые микрофон превращает звуковые колебания, имеют спектр частот примерно до 4000 Гц. Оказалось, что линия может пропускать электрические колебания с любой частотой, даже до десятков миллионов герц. Поэтому стали подавать в линию электрический ток с большой (обычно говорят — высокой) частотой колебаний и сопровождать его, т. е. *модулировать*, токами с колебаниями, характерными для человеческой речи. В результате модуляции в линии окажется «несущая» высокая частота, сопровождаемая двумя «боковыми» спектрами, расположенными немного выше и немного ниже, чем несущая частота (рис. 12). На другом конце линии с помощью детектирования можно восстановить человеческую речь (см. ст. «Заглянем в радиоприемник»). Для этого даже не надо иметь два боковых спектра. Достаточно, и это обычно делается, оставить только один из спектров (безразлично — более высокий или более низкий). Если взять несколько «несущих» частот, сдвинутых относительно друг друга больше, чем на ширину одного «бокового» спектра (4 кГц), то на каждую из них можно наложить электрические токи, полученные от разных абонентов, и таким образом через одну линию передавать много разговоров.

Проблема заключается только в том, как на конце линии отделить все эти токи друг от друга. Ведь они смешаются! Эта проблема была решена в 20-х годах нашего века, когда был изобретен *электрический фильтр*. Можно, например, на выход линии включить такой фильтр, который будет пропускать только токи, имеющие частоты от 60 до 64 кГц, а все остальные токи через него не пойдут. Если на выход линии включить параллельно много фильтров, каждый из которых пропускает только свои частоты, то с помощью разных несущих частот через линию можно пропустить много разговоров одновременно. Получается, что на линии создается много каналов, по каждому из которых идет свой разговор. Вот по такому принципу устроены *многоканальные системы связи* с частотным разделением каналов. В настоящее время у нас в стране очень широкое применение получили системы, дающие возможность получить 60 каналов, 300 каналов и даже 1920 каналов по двум парам проводов. Две пары потому, что, как мы показали раньше, нам надо включать усилители для разных направлений передачи. В многоканальных системах усилители приходится ставить значительно чаще, чем через 250 км. Дело в том, что чем больше каналов имеет система, тем более высокие частоты надо передавать. А чем выше частоты электрического тока, тем больше сила тока ослабевает («затухает») при прохождении через кабель. Так что 60-канальная система требует в 60 раз большей полосы частот, чем полоса одного канала (4 кГц). Спектр 60-канальной системы лежит в диапазоне от 12 до 252 кГц. И здесь усилители надо ставить через каждые 18 км. А система на 1920 каналов занимает полосу частот от 0,3 до 8 МГц. При этом вместо пары обычных проводов применяют так называемые *коаксиальные пары* (рис. 13). Одним проводом в ней служит центральный проводник, а другим — трубка, изолированная от центрального проводника с помощью полиэтиленовых шайб. Особенность коаксиального кабеля в том, что у него очень малы потери тока. Все же и на этом кабеле усилители приходится ставить через 6 км. Усилители делают на лампах или полупроводниках, помещают в цистерны и зарывают в землю (рис. 14). Усилители управляются и снабжаются электроэнергией дистанционно со станций, расположенных на расстоянии свыше 100 км друг от друга. Они должны работать очень надежно. Ведь, например, на линии связи Москва —

Рис. 12. Принцип работы многоканальной линии связи.



Хабаровск связь проходит через 1600 усилителей, каждый из которых усиливает токи от 1920 одновременных разговоров. Если хотя бы один усилитель повредится — вся связь остановится. Обычно междугородный коаксиальный кабель содержит 4—6—8 и больше коаксиальных трубок под одной общей свинцовой оболочкой. Таким образом, по одному кабелю из 8 коаксиальных трубок можно одновременно передать $1920 \cdot 8/2 = 7680$ телефонных разговоров.

Спектр телеграфного сигнала значительно (примерно в 20 раз) у́же, чем спектр телефонного. По одному телефонному каналу можно одновременно передать 24 телеграфных сообщения. Многоканальные системы связи позволяют передавать и телевизионное изображение. Но спектр телевизионного изображения требует полосы частот около 6,5 МГц. А это соответствует полосе частот для 1620 телефонных каналов. Таким образом, когда по коаксиальному кабелю из одного города в другой передаются телевизионные программы, в кабеле вместо 1920 остается всего 300 каналов. Поэтому ученые работают над тем, чтобы увеличить пропускную способность систе-

Рис. 13. Отрезок коаксиального кабеля и коаксиальная трубка (разрез).

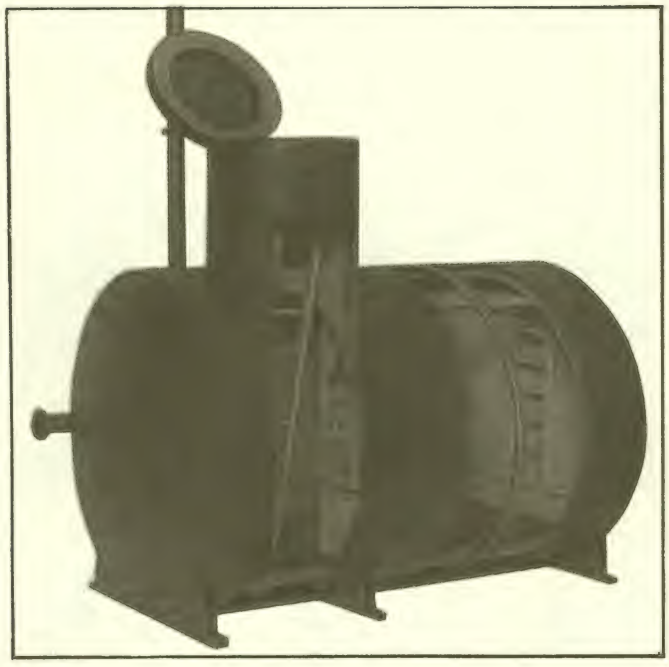


Рис. 14 *(слева).* Цистерна для необслуживаемой усилительной станции (разрез).

Рис. 15. Башни радиорелейной линии связи.

мы многоканальной связи. Разрабатываются более «мощные» системы, имеющие по 3600 и даже по 10 800 каналов в двух коаксиальных трубках. Но при этом расстояние между усилителями приходится уменьшать до 3 и даже до 1,5 км.

Радиорелейные линии

Рассказывая о многоканальных линиях, нельзя не сказать и о *радиорелейных линиях связи,* которые выполняют те же задачи, что и линии, построенные на кабелях,— создают много каналов. Обычно на конце радиорелейных линий устанавливается та же аппаратура, что и у кабельной линии. Все разговорные токи переносятся в спектр частот кабельной линии. Но в кабель эти токи не идут. Вместо этого они модулируют очень высокую несущую частоту (от 5 до 11 ГГц). Эта модулированная частота подводится к радиопередатчику и через антенну, установленную на башне, узким лучом излучается в пространство (рис. 15). Радиоволны такой частоты распространяются, как луч света, т. е. не огибая земной поверхности. Антенна устроена так, чтобы радиоволны фокусировались в луч и направлялись на другую башню — *ретранслятор,*— расположенную на расстоянии примерно 50 км. Там луч будет принят приемником, усилен (опять усилители!) и передан с помощью радиопередатчика на следующую башню. И так дальше. Естественно, что здесь требуется иметь два луча (как в кабеле две пары проводов).

Сейчас имеются радиорелейные линии на 1800 каналов. Расстояние 50 км между башнями выбрано исходя из условий прямой видимости башен, высота которых порядка 80 м. Если бы башни были выше, можно было бы ставить их дальше друг от друга. Ну а если приемник, усилитель и передатчик установить на спутник Земли, то можно будет обойтись совсем без башен (см. ст. «Радиосвязь — мост из радиоволн»).

Радиорелейные линии так же, как и линии связи через искусственные спутники Земли, позволяют передавать и телефонную речь, и телеграммы, и телевизионные передачи — словом, все то же, что передается через кабель.

Одновременно разрабатываются новые виды линий: *волноводы* и *световоды.* Волновод — это трубка диаметром примерно 6 см, в которую вводятся электромагнитные волны, модулируемые сигналами различной информации. По волноводным линиям связи можно одновременно организовать сотни тысяч телефонных каналов и сотни телевизионных передач. При этом усилители ставятся на расстоянии 20—25 км друг от друга.

Еще бóльшие перспективы открывает использование лучей света, создаваемых лазером. Эти лучи могут модулироваться миллионами телефонных каналов. Луч света от лазера передается через тонкую стеклянную нить (стекловолокно) толщиной в несколько десятков микрометров. При этом по двум нитям, используемым для передачи сигналов в прямом и обратном направлениях, можно одновременно передавать миллионы телефонных разговоров и тысячи телевизионных передач. На световодах тоже нужны усилители, но они усиливают световые волны и ставятся на расстоянии примерно 2 км друг от друга.

Волноводы и световоды — это линии связи будущего.

Все эти средства связи могут быть соединены друг с другом, образуя единые каналы связи от одной станции связи до другой.

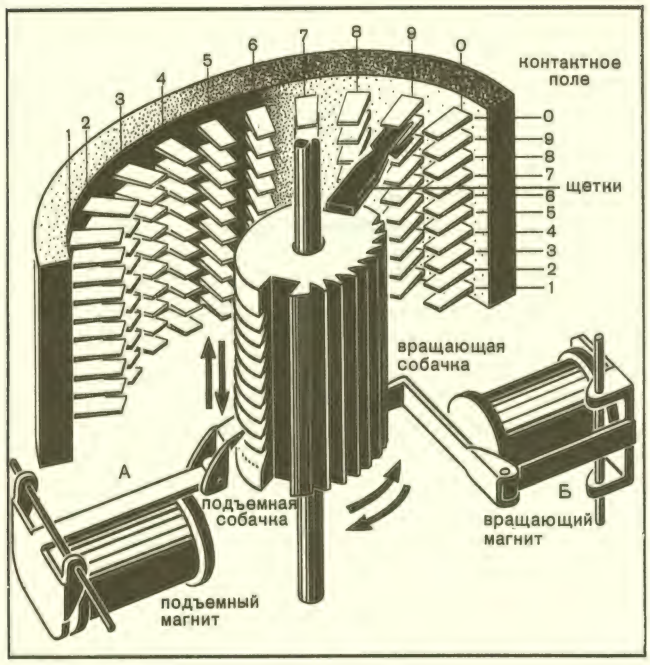


Рис. 16. Декадно-шаговый искатель.

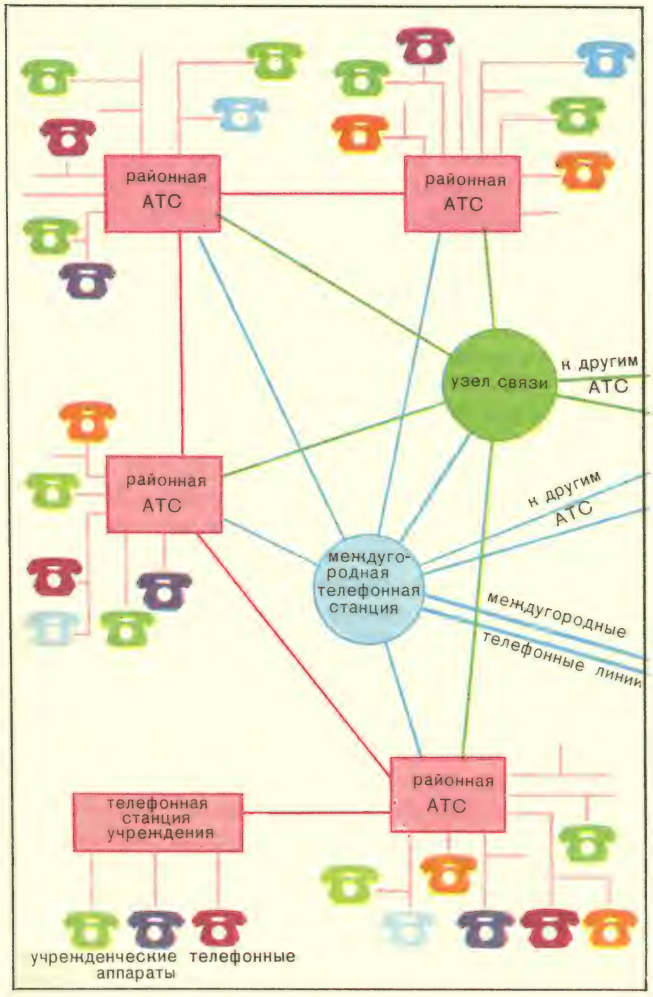


Рис. 17 *(внизу)*. Схема городской телефонной сети связи.

Автоматические коммутационные станции

Из предыдущих статей вы узнали, как устроены и как работают оконечные аппараты и линии связи. В этой статье вы познакомитесь с третьим необходимым звеном сети электрической связи — с *автоматическими телефонными станциями* (АТС).

Основная задача АТС — находить абонентов по номерам их телефонов.

Обычно все номера абонентов имеют одинаковое количество цифр. Если, например, в городе 100 000 телефонов, то номер каждого абонента должен иметь 5 цифр. Первый абонент будет иметь номер 00000, а последний — 99999. Если же в городе будет хотя бы на одного абонента больше, придется применить номера из 6 цифр.

Есть много разных типов АТС. Принцип работы АТС легче всего объяснить на примере работы станции, которая соединяет абонентов с помощью так называемых *декадно-шаговых искателей* (ДШИ) (рис. 16).

Основные части искателя — *цилиндрическое контактное поле* и *ось с контактными щетками*.

Контактное поле расположено на внутренней поверхности цилиндра. Оно представляет собой комплект *контактных пластинок*, размещенных в 10 горизонтальных рядах, по 10 пластинок в каждом.

Ось с изолированно укрепленными на ней контактными щетками расположена в центре цилиндра. На оси жестко закреплен *барабан*, имеющий поперечные и продольные зубья. При срабатывании *подъемного электромагнита А подъемная собачка* упирается в один из поперечных зубьев и поднимает ось вместе со щеткой на один шаг. Аналогично срабатывает *вращающий электромагнит Б*, он заставляет ось повернуться на один шаг по часовой стрелке.

Всем контактным пластинкам присвоены двузначные номера, первые цифры которых соответствуют номеру горизонтального ряда, а вторые — номеру пластинки в этом ряду. Так, пластинки нижнего ряда имеют номера — 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 10; второго ряда — 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 20; пластинки верхнего ряда — 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 00. Если электромагнит *А* сработает, например, 6 раз, то ось со щеткой поднимется на уровень 6-го ряда и остановится. Если после этого магнит *Б* сработает 4 раза, то ось повернется на 4 шага и щетка соединится с пластинкой, числящейся под номером 64. Количество срабатываний

каждого магнита определяется числом импульсов, посылаемых с телефонного аппарата с помощью номеронабирателя. Если к щетке искателя присоединить линию вызывающего абонента, а к контактным пластинкам поля — линии, идущие к другим абонентам АТС, то мы можем осуществить соединение первого абонента с любым из остальных 99, присоединенных к ДШИ. Для этого на каждой АТС имеется огромное количество реле. Кроме того, реле используются для выполнения всевозможных операций по включению и выключению различных вспомогательных устройств на АТС. Чтобы любой абонент мог соединиться с любым другим, для каждого из них нужно иметь свой ДШИ. Таким образом, АТС на 100 номеров содержит 100 ДШИ, контактные поля которых соединены друг с другом в соответствии с их нумерацией.

Но что же делать, если количество абонентов станции не 100, а больше? Например, 10 000. В этом случае требуется четырехзначный номер. В контакты поля ДШИ включаются уже не абоненты, а другие ДШИ. Когда набираются первые две цифры, абонент присоединяется к ДШИ второй ступени искания, который работает уже от третьей и четвертой цифр номера. При шестизначном номере вводится еще третья ступень искания и т. д.

Оборудование АТС становится еще более сложным. Обычно в больших городах районные АТС делаются на 10 000 номеров, но таких АТС может быть много — столько же, сколько и районов. Так что при соединении абонента одной АТС с абонентом другой АТС надо сначала с помощью двух цифр найти нужную АТС (это при числе абонентов в городе меньше миллиона), а потом с помощью 4 цифр найти абонента. В Москве, где абонентов больше миллиона, нужная районная АТС находится уже тремя цифрами. При этом надо пройти через промежуточную, узловую АТС. В современных АТС вместо ДШИ используются специальные механизмы, называемые *координатными соединителями*. Эти механизмы управляются с помощью целого ряда устройств, действия которых похожи на работу электронной вычислительной машины. В будущем на каждой АТС установят ЭВМ, которая будет соединять абонентов друг с другом с помощью сотен тысяч маленьких контактов. Каждый из контактов запаян в тоненькую стеклянную трубку, из которой выкачан воздух. АТС, построенная с помощью этих герметизированных контактов — *герконов*, называется квазиэлектронной (почти электронной) АТС.

Чтобы соединить АТС друг с другом, используются многопарные кабели связи. Для связи каждой районной АТС (10 000 абонентов!) со всеми другими станциями обычно используются около 1000 пар проводов линий, ведь обычно на АТС одновременно разговаривают около 10% абонентов (рис. 17).

Для связи с другими городами создаются специальные *автоматические междугородные телефонные станции* (АМТС). Они устроены еще более сложно, чем АТС, так как кроме соединения они еще должны учитывать стоимость разговора в зависимости от расстояния между городами, времени разговора, срочности и т. д. Чтобы вызвать другой город, надо набрать цифру 8, которая присоединяет вас к АМТС, далее — 3 цифры, определяющие город, в который вы звоните, и потом только номер абонента. Свободные пути для соединения АМТС ищет по всей стране: если из Москвы в Ташкент нет пути через Куйбышев, он может быть найден через Ростов.

Автоматическая междугородная связь — это одно из самых сложных устройств, которое когда-либо создавали люди. Пока она существует не везде. Еще не все АМТС умеют определять номер абонента, который звонит, чтобы потом прислать счет за переговоры. Еще не все города имеют АМТС. Но в будущем автоматическая связь охватит все города страны.

Любой абонент сможет соединиться с любым другим и передать необходимую информацию. И не только речь, но и цифры для вычислительной машины и фототелеграмму. Недалеко и время, когда у абонента появится видеотелефон с экраном, на котором можно будет видеть собеседника.

Мы живем в эпоху широкого развития ЭВМ, и с каждым годом их количество растет и растут их возможности. Каждый человек с помощью телефона или видеотелефона сможет присоединиться к ЭВМ и получить какую-либо справку, решить сложную задачу, познакомиться с редкой книгой (ведь фотографии ее страниц могут храниться в «памяти» ЭВМ), посмотреть нужные чертежи. Наступит и такое время, когда каждый человек сможет кроме обычного иметь свой карманный радиотелефон с личным номером, по которому с ним можно будет связаться, в каком бы месте земного шара он ни находился. С помощью УКВ он соединится с ближайшей АТС и оттуда по линиям связи с любым другим человеком или с любой ЭВМ.

Все средства сети электросвязи: кабели, радиорелейные линии, искусственные спутники Земли — к услугам человека. Тысячи механизмов на АТС и АМТС будут соединять людей, живущих в самых отдаленных точках земного шара. И все это будет делаться невидимо для вас. Вы только поднимете трубку и наберете номер.

Радиотехника и электроника

Когда и кем было изобретено радио?

День рождения радио — 7 мая (25 апреля по старому стилю) 1895 г. В этот день на заседании Русского физико-химического общества преподаватель Кронштадтского минного офицерского класса Александр Степанович Попов рассказал, что им создано средство для сигнализации без проводов с помощью электромагнитных волн — то, что мы теперь называем радиосвязью или просто радио.

Началась эра радио.

Работам А. С. Попова предшествовала длинная цепь научных открытий ученых многих стран. Великий английский физик Майкл Фарадей еще в 1831 г. создал учение об электромагнитной индукции, ставшее основой науки об электричестве. Более 30 лет спустя, в 1864 г., его соотечественник Джеймс Максвелл, опираясь на это учение, создал теорию электромагнитных колебаний, которой мы пользуемся и по сей день (см. т. 3 ДЭ, ст. «Электричество и магнетизм»).

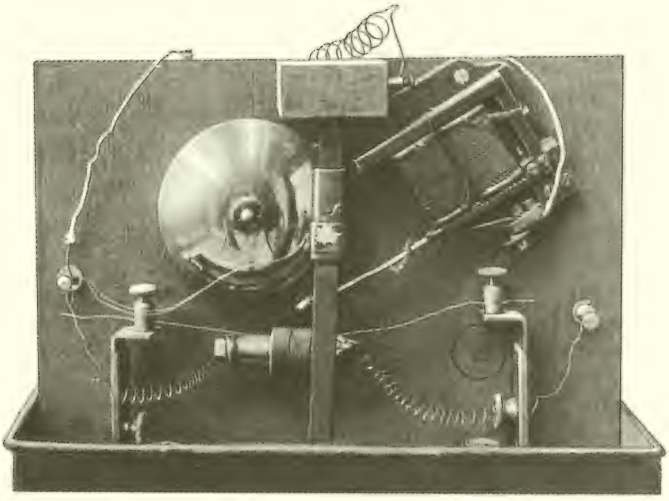
Выводы Максвелла сначала казались просто гипотезой. Однако в 1888 г. немецкий физик Генрих Рудольф Герц на опыте доказал существование электромагнитных волн — лучей Герца, как их тогда называли, и построил первые очень простые приборы, излучавшие эти волны (вибратор Герца) и принимавшие их на расстоянии в несколько метров (резонатор Герца).

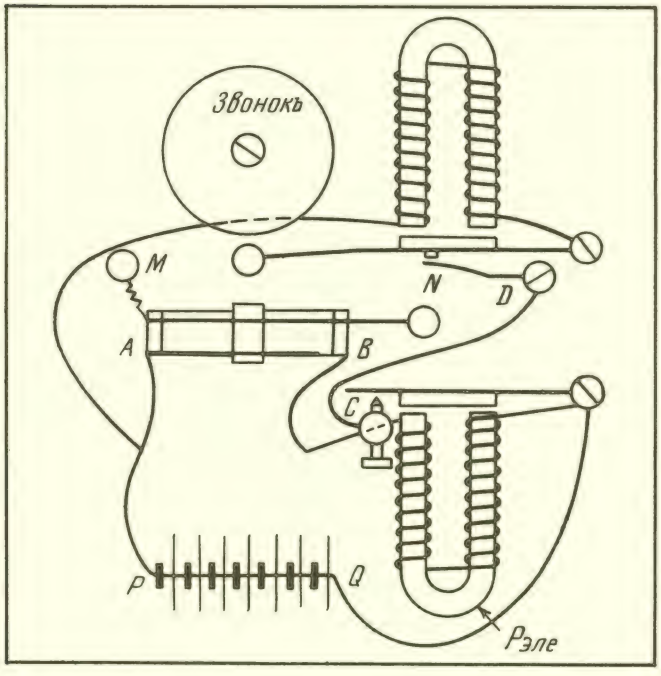
А. С. Попов узнал о работах своего немецкого коллеги в том же 1888 году и в первой же лекции об опытах Герца, которую он прочитал год спустя, сказал, что открытые Герцем лучи могут быть когда-нибудь применены для телеграфирования без проводов. Именно к этому стремился Попов, делая на протяжении последующих семи лет свои опыты. Он использовал в этих опытах достижения других ученых, в частности Э. Бранли.

В 1890 г. французский физик Э. Бранли насыпал в стеклянную трубочку мелкие металлические опилки и получил устройство, способное обнаруживать электромагнитные волны. Обычно эта трубочка не проводила ток. Но когда на опилки попадала электромагнитная волна, они как бы сцеплялись друг с другом, их электрическое сопротивление уменьшалось, и ток через трубочку начинал идти. Если по трубочке постукивали, то сопротивление опилок вновь возрастало, и они снова могли откликаться на электромагнитную волну. Английский ученый Лодж очень удачно назвал трубочку Бранли *когерер* (от латинского слова «когеренцио», что означает «сцепление»).

Рис. 1. Первый радиоприемник А. С. Попова (1895).

Рис. 2 *(внизу)*. Схема радиоприемника А. С. Попова, сделанная им самим: *N* — контакт звонка; *A*, *B* — выводы когерера; *C* — контакт реле; *P*, *Q* — выводы батареи; *M* — контакт антенны.





Из одних металлов опилки когерера получались чувствительными, из других — не очень. А. С. Попов добился, что его когерер ощущал электромагнитную волну на расстоянии нескольких десятков метров. Это было большим достижением.

Вот как выглядел приемник А. С. Попова (рис. 1 и 2). Электромагнитные колебания, принятые антенной, попадали на когерер. Он становился проводящим, и ток от батареи шел через него в обмотку реле,

Рис. 3. Сети электросвязи, радиовещания и телевидения охватывают весь земной шар: *1* — междугородная станция связи; *2* — телецентр; *3* — автоматическая телефонная станция; *4* — телеграф; *5* — антенна пункта связи со спутником; *6* — радиопередатчик; *7* — радиоприемник; *8* — радиорелейная

которое притягивало якорь. Контакт реле замыкался, и теперь уже ток от батареи шел также и через обмотку звонка. Звонок притягивал свой якорь, молоточек ударял по чашечке, слышался звон. Одновременно контакт звонка разрывал цепь, и ток через звонок прекращался. Поэтому якорь звонка возвращался назад, в прежнее положение, и ударял по когереру, который становился непроводящим. Ток через реле прекращался, якорь его отходил, контакт размыкался, и ток через обмотку звонка больше не шел. А приемник был снова готов принять электромагнитные колебания. В январе 1896 г. в «Журнале Русского физико-химического общества» появилась статья, подробно описывающая действие приемника и его принципиальную схему.

В книгах, изданных за рубежом, изобретателем радио порой называют итальянца Г. Маркони. Надо сказать, что Маркони действительно много сделал для развития радиотехники, для широкого применения ее, для организации радиосвязи между Европой и Америкой, был талантливым изобретателем. Но изобретателем радио он не был.

Он подал свою заявку на патент лишь в июне 1896 г., т. е. более чем через год после того, как Попов показал ученым свои радиоприборы, и через полгода после появления статьи Попова в «Журнале Русского физико-химического общества». Аппараты Маркони ни единой деталью не отличались от приборов Попова.

Неизвестно, знал ли Маркони о работах А. С. Попова или построил приборы радиосвязи самостоятельно, независимо повторив изобретение А. С. Попова. Но даже если он пришел к изобретению самостоятельно — он пришел вторым. И то, что английское правительство в 1897 г. все-таки выдало Г. Маркони патент, не делает его изобретателем радио.

Как же, однако, могло получиться, что Маркони выдали патент на приборы, которые были известны задолго до него? Почему А. С. Попов не взял патент на свое изобретение?

Дело в том, что английское патентное право считало новшеством лишь то, что еще не было запатентовано на территории Англии и ее колоний. Поэтому английский патент не давал права на мировое первенство, если оно не закреплялось патентами других стран. И действительно, Маркони удалось взять патент на свою систему связи лишь в Англии и в Италии, где патентные законы были похожи. Ни в одной другой стране ему патента не выдали, так как везде для этого нужна была действительная новизна.

А. С. Попов не взял патента на радиосвязь, потому что желал сделать свое изобретение достоянием людей всех стран, а не превращать его в источник наживы.

Характер деятельности Маркони был прямо противоположным. Сразу же после получения патента он заручился поддержкой влиятельных лиц Англии, организовал фирму по производству радиоаппаратов и нажил на этом огромное состояние.

Всемогущее семейство электромагнитных волн и электрических колебаний

Задача электросвязи (а значит, и радиотехники) — передача информации (звуков, букв телеграфной азбуки, телевизионных картинок и многого другого). Передают же информацию в электросвязи с помощью электромагнитных волн. Они движутся от передатчика к приемнику либо по проводам, либо через свободное пространство, окружающее нас.

Семейство электромагнитных волн огромно: это и световые лучи, и невидимые инфракрасные, и ультрафиолетовые, и рентгеновские лучи, и гамма-излучение. Однако нас будут интересовать лишь те электромагнитные волны, которые используются для передачи информации по радио (их обычно называют *радиоволнами*) и проводам.

Главное, чем различаются волны, — это частота, т. е. количество колебаний в секунду. Единица частоты называется герц (Гц): одно колебание в секунду. Более высокая частота измеряется килогерцами (кГц) и мегагерцами (МГц), гигагерцами (ГГц) и терагерцами (ТГц).

$$1\ \text{кГц} = 10^3\ \text{Гц};$$
$$1\ \text{МГц} = 10^6\ \text{Гц};$$
$$1\ \text{ГГц} = 10^9\ \text{Гц};$$
$$1\ \text{ТГц} = 10^{12}\ \text{Гц}.$$

Иногда удобнее измерять не частоту, а длину волны — *период* (рис. 4). Они связаны формулой: $f\lambda = c$. В ней f — частота в герцах, λ — длина волны в метрах, а c — скорость света ($3 \cdot 10^8$ м/с в пустоте; скорость света в воздухе, воде или любом другом веществе меньше и зависит от свойств вещества).

Для связи по проводам используют частоты от единиц герц до сотен мегагерц, для радиосвязи — от сотен килогерц до терагерц.

Связисты делят волны (зачем — разговор еще будет) в зависимости от длины волны на диапазоны: сверхдлинные (СВД), длинные (ДВ), средние (СВ), короткие (КВ) и ультракороткие (УКВ).

башня; *9* — спутник связи; *10* — приземная радиоволна; *11* — пространственная радиоволна; *12, 13* — две пространственные радиоволны могут прийти к радиоприемнику разными путями; *14* — междугородный кабель связи с промежуточными усилительными пунктами; *15* — кабель для приема телефонной, телеграфной и телевизионной информации от спутника связи; *16, 17, 18* — кабели для передачи информации по телефону, телеграфу, телевидению.

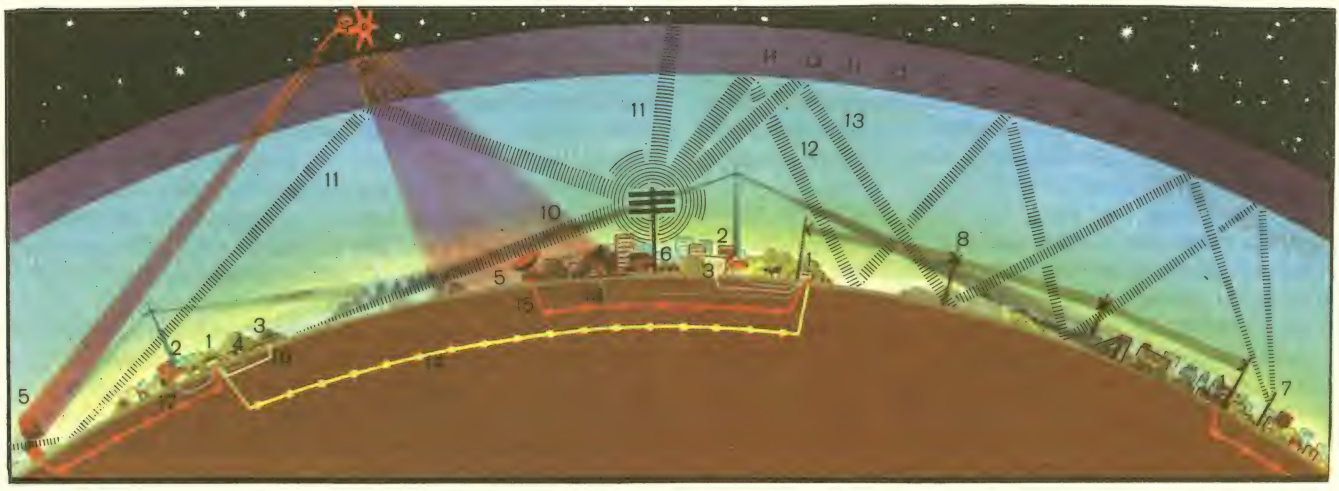
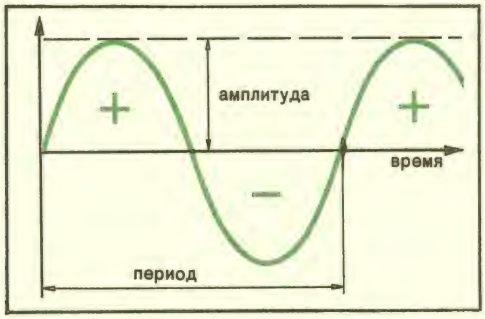


Рис. 4 *(внизу)*. График синусоидальных волновых колебаний.



Диапазоны	СДВ	ДВ
Частота, *f*	3—30 кГц	30—300 кГц
Длина волны, λ	100—3 км	10—1 км

Диапазоны	СВ	КВ	УКВ
Частота, *f*	0,3—3 МГц	3—30 МГц	30 МГц—1 ТГц
Длина волны, λ	1000—100 м	100—10 м	10 м—0,3 мм

Ультракороткие волны, в свою очередь, делят на поддиапазоны: метровые (МВ), дециметровые (ДМВ), сантиметровые (СМВ) и миллиметровые (ММВ).

Диапазоны	МВ	ДМВ
Частота, *f*	30—300 МГц	0,3—3 ГГц
Длина волны, λ	10—1 м	1 м—0,1 м

Диапазоны	СМВ	ММВ
Частота, *f*	3—30 ГГц	30 ГГц—1 ТГц
Длина волны, λ	100—10 мм	10—0,3 мм

В каждом из этих диапазонов радиоволны создаются (генерируются) с помощью весьма различных по конструкции генераторов-передатчиков. Радиоприемники отличаются меньше, но и в них можно обнаружить черты, свойственные только радиоаппаратуре именно этого диапазона. Разными по конструкции оказываются антенны — и приемные и передающие. Волны разных диапазонов по-разному распространяются над землей, водой, по-разному проникают в грунт и воду.

Радиоволны генерируются, чтобы устанавливать связь, поэтому о распространении их стоит поговорить подробнее.

Нашу планету окружает, словно скорлупа ядрышко ореха, ионосфера: слой заряженных частиц — электронов и ионов. Она, как зеркало, отражает все волны, кроме УКВ. Радиоволны идут к приемнику от передатчика двумя путями: тесно прижимаясь к Земле (это так называемая *приземная волна*) или, наоборот, уходя к ионосфере и отражаясь от нее (это *пространственная волна*). На очень дальние расстояния волна идет, отражаясь поочередно то от ионосферы, то от Земли. Но вот будет ли отражать ионосфера волну — зависит от Солнца: освещает оно ионосферу в этом месте или нет. Поэтому распространение радиоволн зависит от времени суток.

Сверхдлинные и длинные волны

Сверхдлинные и длинные волны — это приземные волны. Они распространяются и днем и ночью, за что их особенно ценят, хотя передатчики и антенны на этих диапазонах получаются громоздкими и

дорогими. Есть у СДВ и ДВ еще одно достоинство: они мало поглощаются водой и поэтому очень удобны для связи с подводными лодками. Волны эти, однако, сильно ослабевают по мере удаления от передатчика, и, хотя на них можно связываться с любой точкой земного шара, для этого нужен передатчик огромной мощности.

Средние волны

Средние волны используются главным образом для радиовещания. Днем ионосфера очень сильно поглощает их и до приемника доходит только приземная волна. Но она быстро ослабевает. Поэтому днем на средних волнах слышны только близкие станции. Зато ночью ионосфера уже не «съедает», а отражает средние волны и становятся слышны дальние станции.

Случилось, правда, так, что на шкалах радиоприемников этот диапазон разбили на два поддиапазона: от 200 до 600 м и от 750 до 2000 м. Первый назвали средневолновым, а второй — длинноволновым. На шкалах написали: СВ и ДВ. Но путать эти поддиапазоны с тем делением волн, о котором мы говорим, не нужно.

Короткие волны

Короткие волны — *пространственные волны* — приходят к приемнику, отражаясь от ионосферы. Днем ионосфера отражает более короткие волны — слышим радиостанции вещательных поддиапазонов 13, 16, 19 и 25 м. Ночью лучше отражаются более длинные волны — радиослушатель переключает приемник на поддиапазоны 31, 41, 49 и 75 м. Для КВ уже легче, чем для ДВ и СВ, создавать антенны, которые излучают волны не во все стороны, а только в нужном направлении. Вся энергия передатчика тогда собирается в узкий луч и, не расплескиваясь по дороге, приходит к приемнику. Мощность сигнала в антенне приемника возрастает. Это значит, что можно взять менее чувствительный приемник, менее мощный передатчик — и связь не нарушится, хотя приемник и передатчик станут проще и дешевле.

Правда, на КВ дает себя знать неприятное явление — *замирание*. Ведь волна может прийти к антенне приемника не по одному пути, а сразу по нескольким (рис. 3). Такие волны, соединяясь в антенне вместе, то «гасят», то усиливают друг друга. От замираний избавляются тем, что ведут прием не на одну, а сразу на несколько антенн (и приемников), далеко отстоящих одна от другой. Если в одной антенне в эту секунду волны «погасились», то в другой этого не происходит. И хотя бы один приемник работает нормально.

Распространение коротких волн ученые изучают особенно тщательно, потому что на этих волнах работает подавляющее большинство связных радиостанций: корабельных, самолетных, армейских, правительственных и др. На коротких волнах переговариваются между собой радиолюбители.

Ультракороткие волны

Ультракороткие волны не отражаются от ионосферы и почти не поглощаются ею. Они ведут себя подобно лучам света: пронизывают ионосферу и уходят в космос. Поэтому связь на УКВ возможна только до тех пор, пока антенна приемника «видит» антенну передатчика. Едва лишь выпуклость земного шара или какой-то предмет (гора, дом, высокий лес) преградит им путь, как связь прерывается. Чтобы проложить радиолинию за пределы горизонта, антенны поднимают как можно выше или строят *радиорелейные линии* и запускают *спутники связи* (см. ст. «Радиосвязь — мост из радиоволн»). А так как УКВ отражаются от предметов, попавшихся на пути, в этом диапазоне оказывается возможной *радиолокация*. Для УКВ можно легко сделать не очень большие и вместе с тем исключительно направленные антенны: это также важно для локатора, который должен «увидеть», где именно находится самолет или ракета (см. ст. «Радиолокация: электромагнитные волны, делающие видимым невидимое»).

Среди волн всех диапазонов только УКВ могут пробить броню ионосферы и уйти в космос,— значит, только они обеспечат связь со спутниками, космическими кораблями и межпланетными станциями. Астрономы слушают на УКВ «радиоголоса» звезд, Солнца и планет: ведь эти небесные тела — гигантские естественные «радиопередатчики».

Наконец, на УКВ ведет свои передачи *телевидение*, работают станции *радиоуправления* и *радиотелеметрии* (см. ст. «Радиоуправление: радиоволны ведут ракету»), всевозможные связные станции: армейские, диспетчерской службы такси, милиции, «Скорой помощи», Аэрофлота. На УКВ разрешается работать и радиолюбительским передатчикам. И самое замечательное, что все эти бесчисленные станции нисколько не мешают друг другу: на УКВ поместится в 10 тыс. раз больше станций, чем на всех остальных диапазонах, вместе взятых! Здесь нет замираний, поэтому связь оказывается очень надежной.

В начале 60-х годов инженеры начали осваивать *световые волны:* был изобретен лазер, который оказался лучшим передатчиком для волн светового диапазона (см. ст. «Свет работает (лазер)» и т. 3 ДЭ, ст. «Свет»). Свет открывает перед связистами колоссальные возможности хотя бы потому, что в одном только диапазоне видимых световых волн может уместиться в тысячи раз больше радиостанций, чем во всех диапазонах радиоволн.

Многие трудности, связанные с особенностями распространения радиоволн, исчезают, если эти волны пустить не в пространство, а в *кабельную* или *волноводную* линию. Мы уже рассказывали о различных кабелях связи. Теперь можно сказать, что коаксиальный кабель передает радиоволны СВ и КВ диапазонов, а обычный «симметричный» кабель — ДВ диапазона. Кабель позволяет полностью исключить замирания: ведь энергия приходит к приемнику лишь по одному-единственному пути.

Радиосвязь — мост из радиоволн

Радиовещание, телевидение, связь с кораблями, самолетами, спутниками и космическими станциями — все это в самом общем виде выглядит так: есть передатчик с антенной, приемник с антенной и пространство между ними, в котором распространяются радиоволны.

Самое главное качество любой связи, в том числе и радиосвязи,— надежность. Лишиться связи — это значит не получить вовремя извещения о шторме, потерять ориентировку в воздухе, проиграть сражение... От надежности связи очень часто зависит жизнь людей.

Специалиста, проектирующего линию радиосвязи, вначале вовсе не интересуют внешний вид и схемы приемников и передатчиков, формы антенн и содержание передач. Ему нужно знать расстояние между передатчиком и приемником и вид сигналов, передающихся по «радиомосту», который нужно навести. И еще: нужно ли вести связь в пределах Земли, или радиосигналам придется путешествовать по космосу?

Когда это известно, выбирают длину волны, тип антенны, мощность передатчика и чувствительность приемника. Особенно интересуют связистов УКВ: ведь в этом диапазоне могут работать, не мешая друг другу, десятки тысяч станций. Но, как вы знаете, УКВ распространяются, словно лучи света. За горизонтом их не примешь. Но есть вот какой выход.

Чтобы проникнуть радиолучом за горизонт, создают *радиорелейные линии,* состоящие из большого числа *радиорелейных станций.* Каждая станция — это приемник, передатчик и высокая башня с антеннами. Башни выстроились цепочкой на сотни километров. С каждой из них видны две соседние. Сигнал идет от одной станции к другой, принимается там приемником, усиливается передатчиком — и отправляется к следующей станции. По радиорелейной линии можно передавать сразу несколько телевизионных программ и тысячи телефонных разговоров.

Ведут связь на далекие расстояния и через спутники (см. ст. «На орбите робот»). Связь с межпланетными станциями и спутниками ведут тоже на УКВ. Но мощность аккумуляторов и солнечных батарей на борту станции невелика, так что особо мощных передатчиков там не установишь. Вся тяжесть создания радиомоста в космос падает на Землю. Здесь строят грандиозные антенны, гигантские по мощности передатчики. Антенны делают такими большими для того, чтобы они, словно огромный невод, захватывали большой поток радиоволн. Потом весь этот поток отбрасывается на приемную головку невода-зеркала. Сигнал сразу усиливается чуть ли не в миллион раз! По радио ученые получали сведения о строении атмосферы Венеры и фотографии Марса, сделанные с расстояния всего в несколько тысяч километров от планеты.

Действия с электрическими колебаниями

Радиоволны — *электромагнитные колебания* — возникают, когда по проводу проходит переменный ток. Стало быть, электромагнитные колебания невозможны без колебаний электрических (рис. 4).

В радиотехнике используют колебания от долей герца до нескольких гигагерц. Их создают *генераторами,* а мощность их усиливают *усилителями.* Кроме того, радисты умеют *складывать* частоты колебаний, *вычитать, умножать* и *делить* (рис. 5).

Складывать и вычитать можно любые частоты. Делить и умножать — то же самое. Но деление более чем на 2, а умножение более чем на 10 в одном-единственном делящем или умножающем устройстве — «каскаде» — удается с большим трудом, и тогда приходится ставить последовательно несколько таких «каскадов». Заниматься арифметическими действиями с колебаниями приходится всюду: в приемниках, передатчиках, в устройствах радиотелеуправления и радиотелеметрии, в электронных вычислительных машинах.

Модуляция

Часто, впрочем, бывает нужно не складывать, а изменять «внешность» высокочастотных колебаний, *модулировать* их (латинское слово «модулятио» означает «изменение»), или, как говорят связисты, *накладывать* колебания низкой частоты на колебания высокой частоты. Для этого придуманы

Рис. 5. Четыре действия с электрическими колебаниями: сложение, вычитание, умножение, деление.

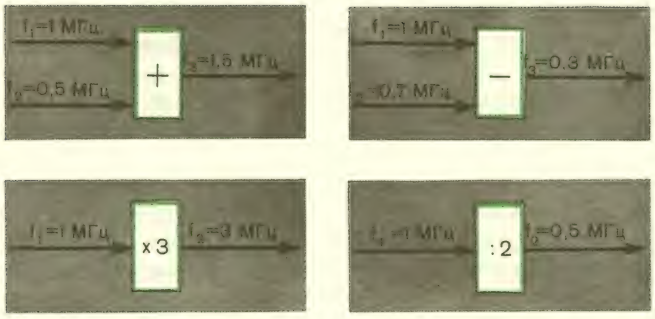
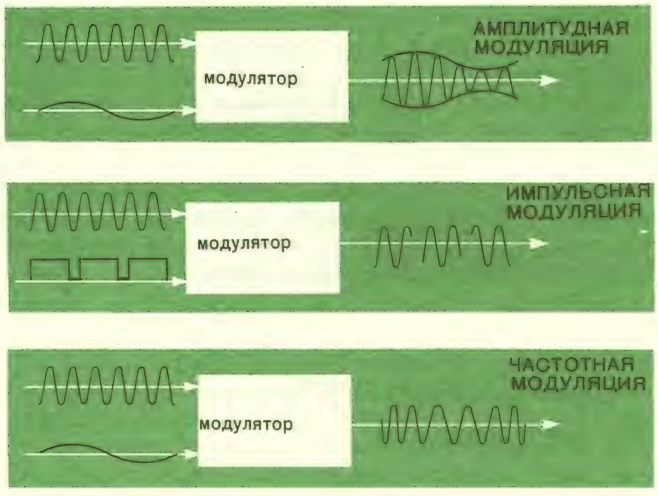


Рис. 6. Виды модуляций *(сверху вниз)*: амплитудная, импульсная, частотная.



особые устройства — *модуляторы*. Одни модуляторы работают так, что выходящее из них колебание изменяется по величине (амплитуде) — это называется *амплитудной модуляцией*. Другие модуляторы оставляют амплитуду высокочастотного колебания неизменной, но то прерывают, то снова пропускают высокочастотный сигнал — это *импульсная модуляция*. Если же изменяется частота высокочастотного колебания — получается *частотная модуляция* (рис. 6).

Амплитудная модуляция применяется главным образом в радиовещании, телевидении и связи; в радиолокации, телеуправлении и телеметрии, как правило, импульсная. А в радиовещании и связи на УКВ — частотная.

«Кирпичики» радиоустройств

Как современный дом строится из готовых блоков, так и приемник, передатчик или иное радиоустройство собирается из радиодеталей (иногда их называют *радиоэлементами*): сопротивлений, конденсаторов, катушек индуктивности и т. д. (рис. 7). Эти элементы применяются и в радиотехнике, и в электронике. Однако радиотехнические и электронные устройства используются не только в электросвязи. Сейчас, пожалуй, нет такой области техники, где бы они не работали.

Сопротивление

Сопротивление, или резистор,— это фарфоровая трубочка (или стержень), на которую снаружи напылена тончайшая пленка металла или сажи (углерода). Чем тоньше пленка, тем больше сопротивление току. Оно измеряется в омах (Ом), тысячах омов — килоомах (кОм) и миллионах омов — мегомах (МОм).

Кроме постоянных сопротивлений существуют и переменные сопротивления. Их значение меняется, когда вращают ось, выступающую из корпуса. В радиоприемнике или магнитофоне с помощью таких переменных сопротивлений регулируют громкость и тембр звука.

На схемах сопротивление обозначается буквой R.

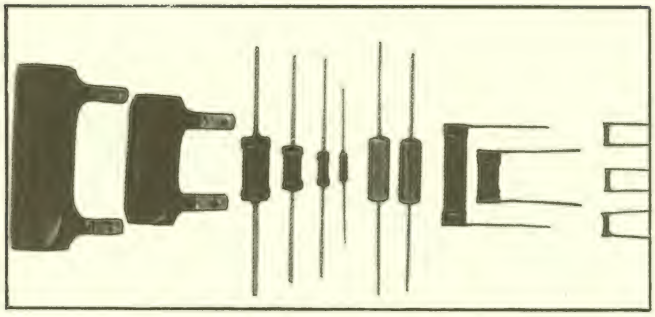
Конденсатор

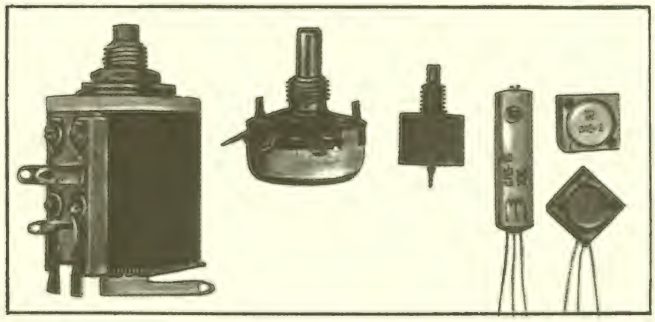
Как правило, самый простой конденсатор — это две металлические пластинки (обкладки) и воздух между ними. Вместо воздуха может быть бумага, слюда, фарфор или иной *диэлектрик*, т. е. материал, не проводящий ток. Каждый конденсатор обладает *электрической емкостью*, т. е. способностью накапливать (заряжаться) и хранить электрический заряд. Единица емкости — фарада (Ф). Это очень большая единица: конденсатор из двух пластин емкостью в 1 фараду был бы размером с Землю! Поэтому на практике пользуются меньшими единицами: микрофарадой (мкФ), т. е. миллионной долей фарады, и пикофарадой (пФ) — миллионной долей микрофарады. Чем больше площадь пластин и меньше толщина диэлектрика, тем больше емкость. Кроме того, емкость зависит еще от материала диэлектрика (точнее, от его диэлектрической проницаемости).

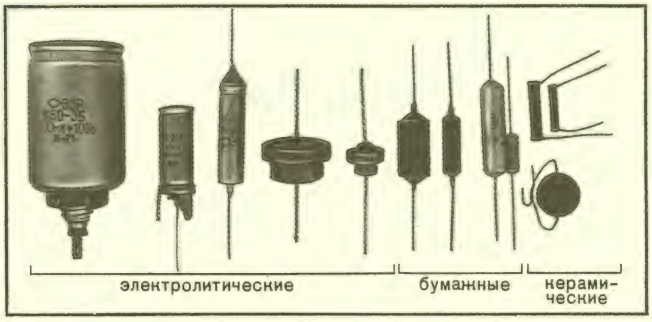
Конденсатор не пропускает через себя постоянный ток (иными словами, его сопротивление постоянному току равно бесконечности) и пропускает переменный. Поэтому его ставят там, где нужно отделить постоянный ток от переменного. Сопротивление переменному току уменьшается с ростом частоты.

В схемах конденсаторы обозначаются буквой C.

Типов конденсаторов множество. Они отличаются главным образом материалом диэлектрика и конструкцией. Называют их по типу диэлектрика, и поэтому бывают конденсаторы *воздушные, слюдяные, бумажные, керамические* и многие другие. Одни луч-







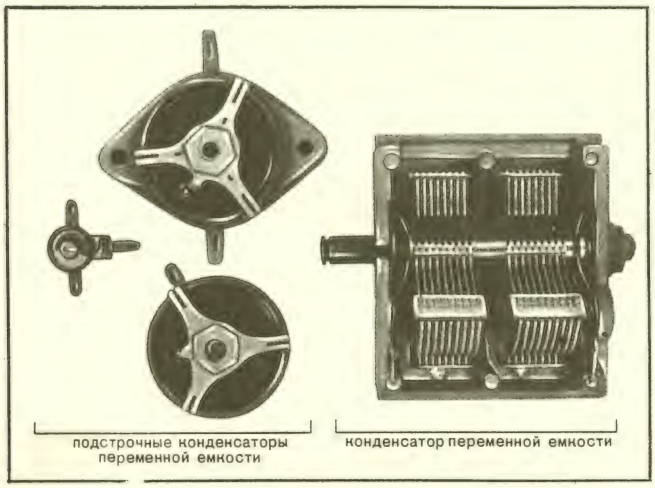


Рис. 7. Простейшие элементы радиоустройств *(сверху вниз):* постоянные сопротивления; переменные сопротивления; конденсаторы постоянной емкости; конденсаторы переменной емкости.

Рис. 8. Электролитические конденсаторы.

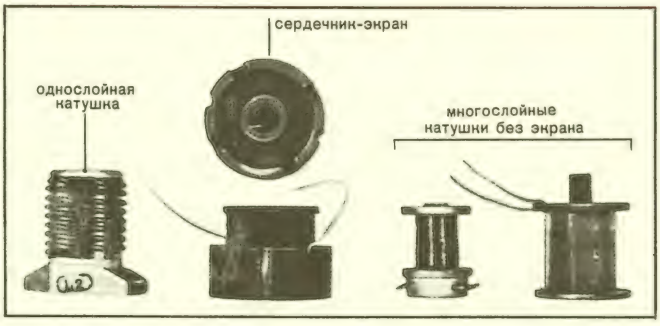


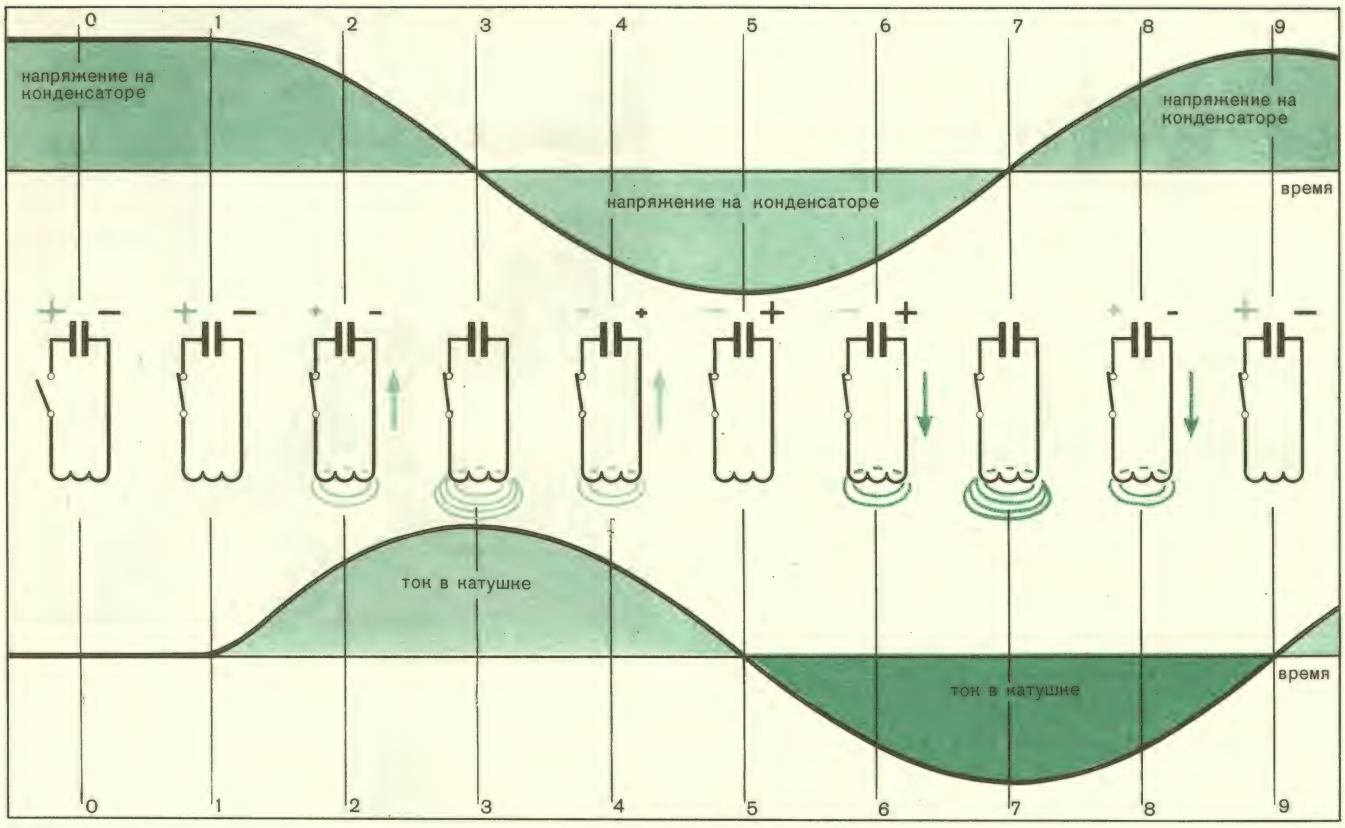
Рис. 9 *(внизу).* Катушки индуктивности.

ше работают на высоких частотах, но емкость у них маленькая. Другие при маленьких размерах имеют большую емкость, но предназначены для низких частот. Третьи могут работать при очень высоких напряжениях... Всех не перечислишь. Но об одном типе конденсаторов — *электролитических* (рис. 8) — стоит сказать несколько слов. В них диэлектриком служит тончайшая, в несколько микрометров (мкм), пленка окисла, специально созданная на металле. Другой обкладкой служит жидкость или похожая на желе паста. Они обладают огромной емкостью, доходящей до тысяч микрофарад.

Катушка индуктивности

Катушка индуктивности (рис. 9), или просто катушка,— это трубка из диэлектрика, на которой намотана изолированная проволока. Если намотка сделана в один слой — катушка называется *однослой-*

Рис. 10. Схема работы колебательного контура.



ной, если в несколько слоев — *многослойной.* Конденсатор запасает энергию в виде электрического поля, а катушка запасает ее в виде магнитного поля, образующегося вокруг витков проволоки. Иными словами, когда по катушке проходит ток, она становится своеобразным магнитом. Когда ток прекращается, катушка размагничивается не сразу, а спустя некоторое время. Какое — это зависит от ее *индуктивности.* Чем больше витков в катушке, чем меньше диаметр трубки, на которой намотана проволока, тем больше индуктивность. Особенно возрастает индуктивность, если в трубку вставлен железный стержень. Обычно этот стержень делают не сплошным, а собирают из множества тонких пластинок. Для катушек, работающих на высоких частотах, стержни изготавливают из мелко намолотого железного порошка или из хорошо намагничивающегося материала — феррита. Кстати, следует оговориться, что катушки индуктивности, работающие на очень высоких частотах, потеряли традиционную форму катушки и бывают в виде металлических полосок и т. д. В этом случае их называют уже не катушками, а просто *индуктивностями.*

Часто бывает нужно немного изменить индуктивность катушки. Для этого вворачивают или выворачивают ферритовый стержень — *сердечник.* Такие катушки употребляются в приемниках. В передатчиках катушки обычно бывают без сердечника.

Измеряется индуктивность в генри (Гн), а также в тысячных долях генри — миллигенри (мГн) и миллионных — микрогенри (мкГн). На схемах катушку обозначают буквой L.

Сопротивление катушки постоянному току зависит от провода, которым она намотана. Сопротивление же переменному току увеличивается с ростом его частоты.

Колебательный контур

Колебательный контур — это параллельно (иногда последовательно) соединенные катушка и конденсатор (рис. 10). Работает контур так.

Предположим, что конденсатор был уже заряжен, когда его подключили к контуру. Тогда он начнет разряжаться, и по катушке потечет ток. Ток вызовет вокруг витков катушки магнитное поле. Когда конденсатор разрядится и напряжение в нем станет равно нулю, ток, поддерживавший магнитное поле, пре-

кратится. Но поле не исчезнет мгновенно. Магнитные силовые линии поля начнут пересекать витки катушки и возбудят в них ток, но уже противоположного направления. Ток примется заряжать конденсатор, и, когда магнитное поле окончательно исчезнет, конденсатор окажется заряженным почти до прежнего напряжения, только с противоположным знаком. Конденсатор затем начнет разряжаться через катушку индуктивности, по ней потечет ток, и процесс повторится.

Таким образом, конденсатор будет то заряжаться, то разряжаться, а магнитное поле в катушке то возникать, то исчезать. Это немного напоминает колебания маятника. Но провод катушки обладает омическим сопротивлением, и ток будет каждый раз немного греть его.

Потери электрической энергии на этот нагрев приведут к тому, что раз от разу конденсатор будет заряжаться до меньшего напряжения и со временем ток прекратится, а весь первоначальный заряд конденсатора обратится в тепло. Колебания — они называются *свободными* — исчезнут.

Однако, если каждый раз каким-то образом подзаряжать конденсатор, колебания в контуре не затухнут. Больше того, даже если вначале не было колебаний, их можно возбудить. Для этого нужно подключить к контуру генератор колебаний высокой частоты. Чтобы изменять частоту свободных колебаний, обычно берут конденсатор не постоянной, а переменной емкости.

Радиолампа

Когда металл нагревают до высокой температуры, то имеющиеся в нем электроны приходят в такое сильное движение, что пробивают границу между металлом и воздухом (правда, лучше, если вместо воздуха будет пустота — вакуум) и вылетают наружу. Возникает *термоэлектронная эмиссия*. Она была открыта в 1883 г. А в 1904 г. изобрели первую электронную лампу — *диод*. Название взяли от греческого *«ди»* — дважды и (электр)од, потому что в стеклянном баллоне лампы поместились два электрода: *анод* и *катод*. Диод был первым электронным устройством.

Катод — это проволока, раскаляемая электрическим током. Анод — металлическая трубка, окружающая катод и улавливающая электроны, которые вылетают с катода. Из баллона лампы воздух выкачан, и ничто не мешает электронам лететь от катода к аноду. Но они не полетят, пока к электродам снаружи не подключат батарею.

Если батарея будет включена плюсом на анод, то электроны притянутся к полюсу батареи (т. е. к заряженному аноду) и как бы наведут через пустоту проводящий мостик. Через лампу пойдет ток, потому что на место улетевших с катода электронов будут приходить от батареи новые.

Если же к аноду подключен минус батареи, электроны оттолкнутся от анода, и никакого «мостика» не будет. Больше того, электроны, вылетевшие с катода, тотчас же притянутся положительным полюсом батареи назад, к катоду. Ток через диод не пойдет (рис. 11).

Диод напоминает клапан, стоящий где-нибудь в водопроводной трубе и пропускающий поток воды только в одну сторону. Поэтому его часто называют электрическим клапаном или электрическим вентилем.

Диод может превратить переменный ток в пульсирующий постоянный. Как это происходит, вы можете увидеть на рисунке на странице 130.

Через три года после диода изобрели *триод* — трехэлектродную лампу, с которой, собственно, и началось широкое наступление радио во все области науки, техники и быта. Третий электрод назвали *сеткой*. Он действительно был вначале похож на редкую сетку. Сетку поставили между катодом и анодом, и сразу же лампа заработала по-иному, хотя, казалось бы, какой от сетки прок: ведь электроны свободно пролетят сквозь нее к аноду.

Но оказалось, что пролететь им совсем не легко. Сетка ближе к катоду, чем анод, а потому и влияние ее на электроны гораздо заметнее. Если на нее подать большое отрицательное напряжение, она не пропустит к аноду ни одного электрона, и ток через лампу не пойдет, хотя на аноде по-прежнему будет плюс батареи (рис. 12).

Если же отрицательное напряжение на сетке будет не таким большим, часть электронов прорвется сквозь нее и долетит до анода. Ток через лампу пойдет, но он будет меньше того, каким он мог быть, если бы сетки совсем не было. Стало быть, регулируя напряжение на сетке, можно управлять током, проходящим через лампу: током анода. В этом и состоит великая ценность сетки.

Если последовательно с лампой включить сопротивление (рис. 14), то напряжение батареи распределится так: часть упадет на лампе, часть — на сопротивлении.

Когда сила тока через лампу равна нулю, равно нулю и напряжение на сопротивлении. Когда же через лампу идет ток, на сопротивление упадет тем большее напряжение, чем больше сила тока. Но ведь током «заведует» сетка! Значит, небольшое изменение напряжения на сетке приведет к большому изменению напряжения на сопротивлении, т. е. лампа станет *усилителем напряжения*. Если нужно уси-

Рис. 11. Диод: *а* — так диод изображается на схемах; *б* — схема работы диода-выпрямителя; *в* — схема работы диода.

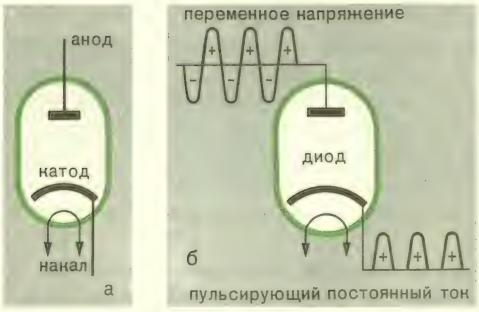
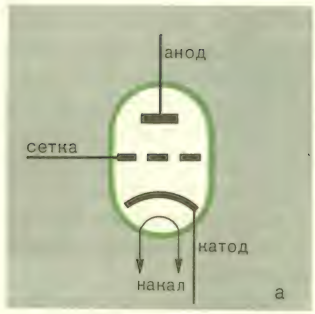


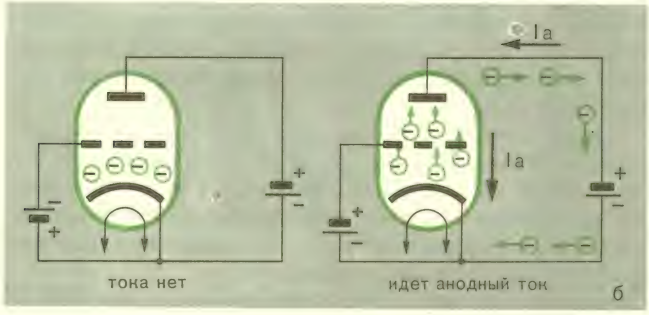
Рис. 12. Триод: *а* — так изображают триод; *б* — схема работы триода.

Рис. 13 *(внизу)*. Различные электронные лампы.

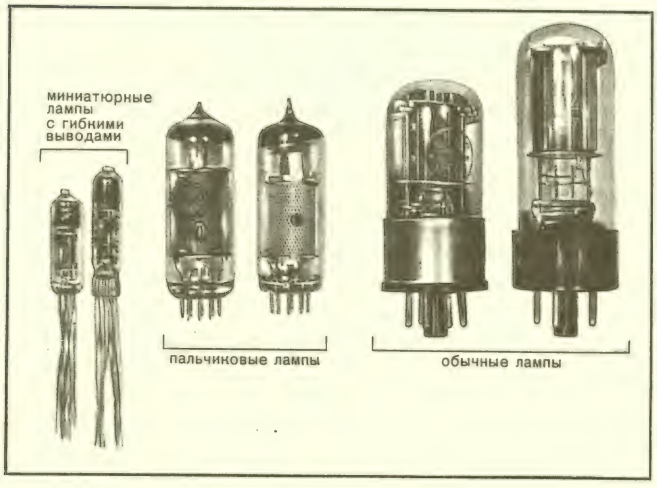


ливать колебания высокой частоты, вместо сопротивления ставят колебательный контур.

Иногда усилитель на триоде работает недостаточно хорошо. Тогда в лампу добавляют еще одну или даже несколько сеток — так получается *тетрод, пентод* и т. д. Часто в одном баллоне находится место для двух, а то и трех ламп сразу: двух диодов, двух триодов, триода и пентода, триода и двух диодов. Такие лампы употребляют в приемниках и усилителях. А в последнее время выпущена особая лампа — *компактрон,*— в баллоне которой кроме анода, катода и сеток находятся обычные радиодетали: сопротивления, конденсаторы. Телевизор на таких лампах получается много компактнее обычного.



Перегоревшую лампу от исправной отличить легко: она не светится красноватым светом раскаленного катода. Бывает, однако, что лампа не перегорает, а просто «стареет»: ее катод хуже испускает электроны. Это происходит через два-три года после того, как лампу вставили в радиоаппарат. Поэтому, когда приемник или телевизор начинает работать плохо, верный способ исправить его — заменить старые лампы новыми, но только тогда, когда аппарат отключен от сети, иначе вас может ударить током высокого напряжения, а это очень опасно. Не перепутайте лампы. Вынимайте их по одной и заменяйте новой того же типа. После каждой замены лампы включите аппарат, посмотрите, не стал ли он работать лучше. Если да — других ламп можно не менять. Ну а если замена не помогает, тогда стоит вызвать мастера.



Лампы мощных передатчиков очень дороги, и, если перегорает нить накала (впрочем, какая это нить — проволока в 1 мм толщиной!), их не выбрасывают, а разбирают, заменяют неисправный электрод и вновь собирают. Каждая такая лампа может генерировать колебания высокой частоты мощностью до 1000 кВт — это мощность, которую потребляет 500-квартирный дом! Не удивительно, что лампы очень нагреваются, и их приходится охлаждать воздухом или проточной водой.

Полупроводниковые диоды и триоды

Полупроводниковый диод

Чем отличаются проводники от диэлектриков? Тем, что одни проводят ток, а другие — нет, скажете вы. Верно. Но если быть точным, надо сказать так: в проводнике есть свободные электроны, которые во

Рис. 14. Схема работы триода-усилителя.

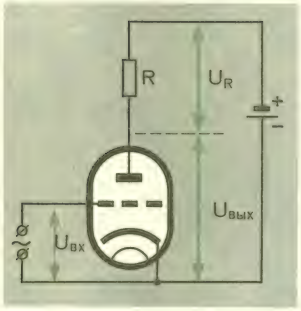
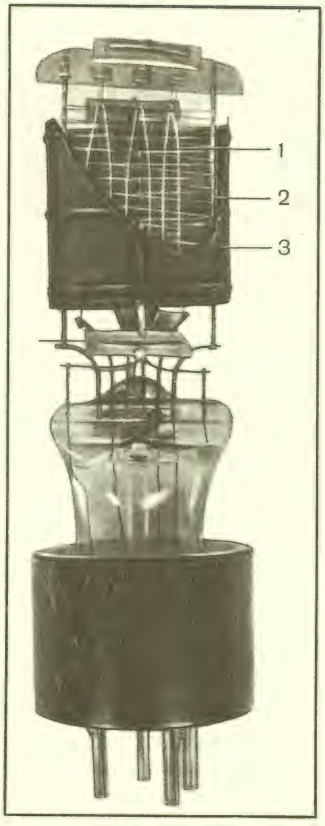


Рис. 15 *(слева внизу)*. Конструкция лампового диода прямого накала: *1* — катод; *2* — анод.

Рис. 16. Так устроен триод прямого накала: *1* — катод; *2* — сетка; *3* — анод.



множестве бесприютно блуждают среди атомов, а в диэлектрике все электроны «привязаны» к атомам и ни одного свободного нет. Проводники — это обычно металлы, а диэлектрики — неметаллы: стекло, слюда, фарфор, окислы металлов и многие другие вещества.

Однако существуют вещества, стоящие между проводниками и диэлектриками,— это *полупроводники:* германий, кремний и др.

Обычно в них все электроны привязаны к «своим» атомам (рис. 17, *а*). В этом смысле полупроводник похож на диэлектрик. Однако иногда какой-нибудь наиболее шустрый электрон отрывается от атома и отправляется «гулять» по полупроводнику так, как если бы находился в металле. Возле атома, от которого он оторвался, возникает *дырка* (рис. 17, *б*). Условно дело выглядит так, как если бы там образовался положительный заряд, равный заряду электрона. Если в дырку перескочит электрон соседнего атома (а это вполне возможно), она передвинется на новое место (рис. 17, *в*). Значит, и электроны и дырки могут путешествовать, причем в совершенно чистом куске полупроводника число их равно.

Чтобы создать полупроводниковый диод, нужно иметь два куска полупроводника (скажем, германия): один — с избытком электронов, другой — с избытком дырок. Но таких полупроводников в природе нет, и поэтому их изготовляют искусственно. Подмешивают к чистому куску германия, например, сурьму — и получают избыток электронов, а если вместо сурьмы взять индий — в германии окажется избыток дырок. (Вы понимаете, конечно, что все сказанное относится и к кремнию, и к другим полупроводникам, но ради наглядности мы везде будем в дальнейшем говорить только про германий.)

У электрона заряд отрицательный (по-английски negative), поэтому германий с лишними электронами называют германий «n»-типа. Дырку считают положительно заряженной (positive) и германий с избытком дырок называют германий «p»-типа. Примесей в полупроводнике очень мало: один атом на миллион атомов германия или кремния. Но этого вполне достаточно, чтобы создать диод.

Сделаем это так. Сложим, а еще лучше — спаяем «n» и «p» куски германия (рис. 18, *а*). Теперь подключим к этому составному куску батарею: плюсом — к электронной части, минусом — к дырочной (рис. 18, *б*). Все дырки сбегутся к отрицательному полюсу, все электроны — к положительному (ведь разноименные заряды притягиваются!). И никакой ток через диод не пройдет.

А теперь переменим полюсы батареи: плюс — к дыркам, минус — к электронам. Дырки снова побегут к минусу, а электроны — к плюсу. Но теперь уже они пересекут весь диод из конца в конец и замкнут цепь. Через диод пошел ток!

Все происходит точно так же, как и в электронной лампе, но ведь кусок полупроводника — это гораздо более простая конструкция, чем лампа с ее множеством деталей в стеклянном баллоне. Вот почему полупроводниковые диоды практически полностью вытеснили в радиоаппаратуре старые стеклянные диоды, даже там, где триоды и прочие лампы еще сохранились.

Рис. 17. Схема структуры полупроводника: *а* — свободных электронов и дырок нет; *б* — атом потерял один из электронов, образовались дырка и свободный электрон; *в* — дырки и свободные электроны движутся в разные стороны.

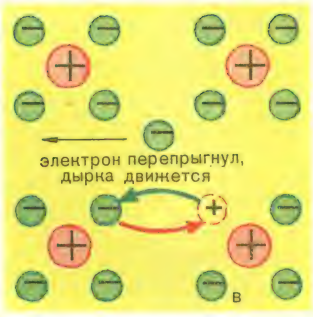
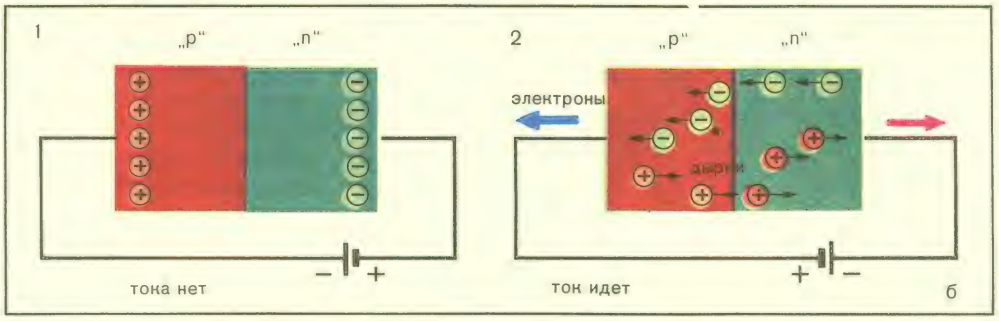


Рис. 18 *(внизу)*. Полупроводниковый диод: *а* — два куска полупроводника — «р» и «n» — сложены вместе, образовался диод; *б* — принцип действия полупроводникового диода: *1* — батарея включена плюсом на «n» — полупроводник, тока нет; *2* — батарея включена правильно, ток идет.



Первые полупроводниковые диоды — их тогда называли *детекторами* — были придуманы в 1906 г., но объяснить, как они действуют, ученые не могли еще добрых 40 лет. Детекторы работали плохо, потому что их изготовляли наобум и все решал случай. Только после того как была создана теория полупроводников, научились делать отличные диоды с заранее заданными свойствами (см. т. 3 ДЭ, ст. «Полупроводники»).

Существует множество типов диодов. Какой выбрать? Обычно на выбор влияют три основных признака. Во-первых, наибольшее напряжение, которое выдерживает диод без опасности быть пробитым в тот момент, когда он не проводит. У разных диодов оно разное и не превышает нескольких сотен вольт (если нужно выдерживать большее напряжение, включают несколько диодов последовательно). Во-вторых, максимальная сила тока, который диод пропускает без опасности перегреться и расплавиться (у самых мощных она достигает тысяч ампер). В-третьих, наибольшая частота, на которой способен работать диод (она доходит до гигагерц).

Диоды превращают переменный ток в постоянный (так же как и ламповые диоды), работают в качестве детекторов в приемниках и телевизорах.

Особый класс диодов — *туннельные*. В них гораздо больше атомов примеси: раз в 20. Это делает их главной деталью усилителей и генераторов высокой частоты. Правда, эти усилители и генераторы маломощны, но зато они очень маленькие и помещаются там, где нет возможности поставить лампу или *полупроводниковый триод — транзистор*.

Диоды делают главным образом из кремния и германия. Они не выдерживают слишком большого нагрева: германиевый диод выходит из строя, если его температура поднимается свыше +70° С, кремниевый — если свыше +140° С. Поэтому физики ищут новые, более стойкие полупроводники. Оказалось, что можно изготовить диод из алмаза. Он выдерживает температуру +500° С. Одно плохо: диод получается фантастически дорогим — ведь это алмаз! Поиски продолжаются. И вот диод из карбида кремния, который гораздо дешевле, работает при + 700° С!

Полупроводниковый триод — транзистор

Полупроводниковый триод — транзистор делают почти так же, как и диод, но из трех кусков германия: двух «р»-типа и одного «n»-типа. Изобретен транзистор в 1947 г. Он усиливает и генерирует колебания низкой и высокой частоты, как электронная лампа. Но в отличие от нее он работает при гораздо меньшем напряжении и не нуждается в энергии для питания нити накала: ее просто нет. Поэтому приемники, передатчики и другие устройства на транзисторах исключительно экономичны и работают на батарейках от карманного фонарика месяцами.

Для работы транзистору нужны две батареи (рис. 20). Одна включена плюсом на левую «р»-часть

Рис. 19. Различные полупроводниковые диоды.

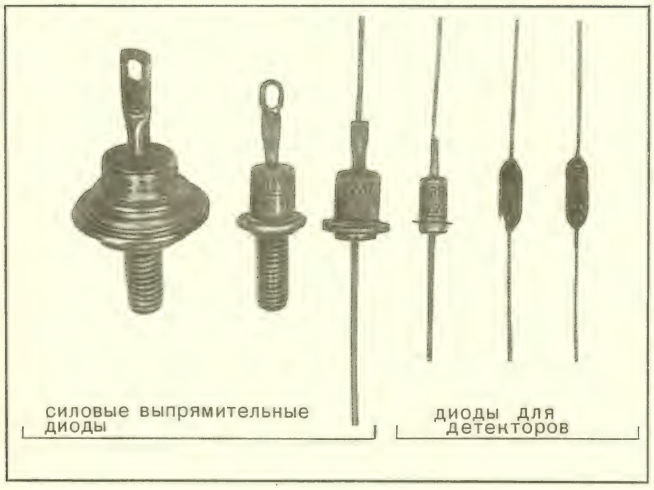


Рис. 20. Так подключают батареи к полупроводниковому триоду: *1* — эмиттер; *2* — база; *3* — коллектор.

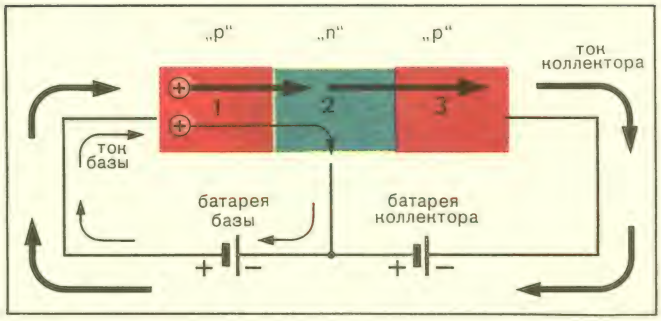
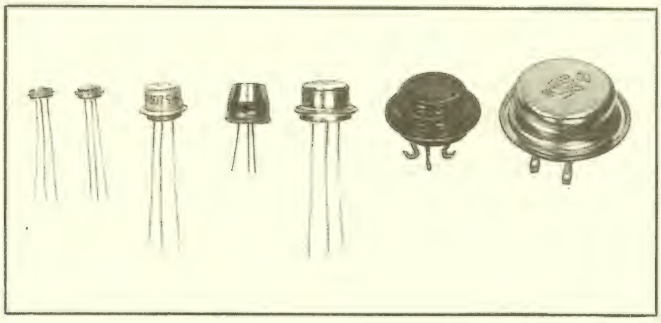


Рис. 21 *(внизу)*. Различные полупроводниковые триоды.



триода *(эмиттер)*, а минусом — на среднюю «n»-часть *(базу)*. Вторая батарея — плюсом на базу, а минусом — на правую «p»-часть *(коллектор)*.

Положительный полюс первой батареи отталкивает дырки эмиттера, и они уходят в базу. Казалось бы, дальше идти им некуда: переход между базой и коллектором закрыт, потому что вторая батарея включена здесь так, что притягивает к своим полюсам электроны базы и дырки коллектора. Но закрыт этот переход лишь для «родных» электронов базы и дырок коллектора. А пришлые дырки, оказавшиеся в базе по милости первой батареи, свободно могут уйти в коллектор, тем более что в этом им помогает отрицательный полюс второй батареи. Стало быть, через обе батареи и триод пойдет «дырочный» ток.

Какая-то часть этого тока ответвится в базу и замкнется через первую батарею. Но триод конструируют так, чтобы сила этого тока была очень мала, во много раз меньше силы основного тока, текущего из эмиттера через базу в коллектор.

Если напряжение первой батареи увеличится, возрастет число дырок эмиттера, уходящих в базу, а следовательно, и дырок, добирающихся до коллектора. Значит, напряжение между базой и эмиттером управляет током коллектора, точно так же, как напряжение между сеткой и катодом управляло в лампе током анода. И триод — транзистор работает усилителем так же хорошо, как и лампа.

Вместо двух кусков «p»-типа и одного «n»-типа можно взять два «n» и один «p» — и транзистор будет работать так же хорошо. Нужно только поменять полюсы батарей.

Первые транзисторы усиливали ток частотой не выше нескольких килогерц. Им было очень далеко в этом смысле до электронных ламп. Сейчас транзисторы почти сравнялись с лампами: наибольшая частота тока, которую они усиливают, достигает 5 ГГц. Долгое время не удавалось сделать транзисторы мощными. Сейчас преодолена и эта трудность: на частотах до 20 МГц полупроводниковые триоды генерируют мощность до 1 кВт, а на частоте 1 ГГц их мощность достигает 1 Вт — это совсем не так мало, особенно если этой мощностью по-хозяйски распорядиться. Ведь даже на мощности 0,25 Вт можно поддерживать космическую радиосвязь на расстоянии до 160 тыс. км!

А не очень высокочастотные «переключательные» триоды управляют мощностью до 5—10 кВт, регулируют частоту вращения двигателей постоянного тока, работают в системах электронного зажигания автомобилей и т. д.

Современные электронные вычислительные машины строятся полностью на транзисторах — их там десятки тысяч. Уже почти не выпускают ламповых приемников и магнитофонов, созданы полностью транзисторные телевизоры. Никакая переносная, космическая и другая аппаратура, работающая от батарей, немыслима сейчас без транзисторов. Можно смело сказать, что без транзисторов серьезное освоение космоса было бы невозможным.

Ученые придумали не только полупроводниковые триоды, но и более сложные транзисторы: из 4 и более кусков полупроводника. У них много преиму-

ществ перед простыми транзисторами, но они более дорогие и поэтому не так распространены. Поэтому основным полупроводниковым прибором остается все-таки триод.

Триоды сделали радиоаппаратуру исключительно *надежной:* ведь они могут работать миллионы и десятки миллионов часов, т. е. десятки и сотни лет не выходя из строя. Они сделали ее фантастически *маленькой!* Уже никого не удивишь сообщением о радиопередатчике, спрятанном под пломбой в зубе человека или ведущем передачу из человеческого желудка.

Заглянем в радиоприемник

Перед вами на столе приемник. Вы знаете: эта ручка регулирует громкость, с помощью этой настраиваются на станции, этой переключают диапазон. А что внутри? Почему ручки работают так, а не иначе? Как возникают из радиоволны звуки скрипки и голос диктора?

Антенны

Начнем с *антенны* — «удочки» для вылавливания радиоволн.

Радиоволны, как вы помните, рождаются, когда по проводу проходит переменный ток. Когда же радиоволны проходят мимо провода или другого металлического предмета, они возбуждают в нем «(наводят», говорят радисты) переменный ток. Этот ток очень слабенький. Но, усиленный приемником, он становится весьма ощутимым: он превращается в музыку, слова комментатора футбольного матча или бой курантов Спасской башни. Нужно лишь подключить провод к гнезду «Антенна».

В качестве антенны можно использовать любой провод (только не электросеть!), металлическую решетку, даже металлическую кровать. Но лучше всего приемник будет работать с антенной, специально для него сделанной и подвешенной как можно выше. Помните, что чем дальше антенна от стен и крыш домов, тем больше станций будет принимать приемник.

Часто устраивают комнатную антенну: это проще, чем строить на крыше мачты, да в городе это и не разрешают делать. Комнатную антенну нужно протягивать подальше от стен. В современных домах из сборного железобетона она работает очень плохо, потому что железные прутья, заложенные в плиты стен, пола и потолка, почти полностью преграждают путь радиоволнам. Лучше выставить из окна короткую палку и на ней сделать *метельчатую* антенну.

Колебательный контур

На схеме вашего приемника (она есть в описании) вы увидите, что антенна подключена к *колебательному контуру*. Ведь в мире работают одновременно тысячи радиостанций, и слова всех языков мира и звуки множества оркестров перемешиваются. А вам нужна передача какой-то одной станции. Контур и выделяет из всего этого хаоса определенную станцию. Это происходит, когда собственная частота контура (она изменяется при вращении ручки конденсатора переменной емкости) совпадает с частотой, на которой работает станция. Слабые колебания, принятые антенной, возбуждают в контуре вынужденные колебания. Наступает резонанс. А при резонансе даже слабые колебания из антенны могут очень сильно «раскачать» колебания в контуре, точно так же, как слабыми толчками можно очень сильно раскачать качели, если действовать в такт.

Для разных диапазонов волн нужны разные катушки индуктивности. Вы переключаете их переключателем диапазонов. А конденсатор переменной емкости, который позволяет настраиваться на нужную волну внутри одного диапазона, остается тот же самый.

Усилитель высокой частоты

Однако сигналы в контуре еще очень слабы. Их нужно усилить. Этим занимается *усилитель высокой частоты* — лампа, к сетке и аноду которой подключены два колебательных контура (рис. 22). Контуры совершенно одинаковые и перестраиваются переменными конденсаторами одновременно. Но одного *каскада усиления* недостаточно, поэтому ставят еще одну или даже несколько ламп — усилителей высокой частоты.

Приемник, построенный по такой схеме, называется приемником *прямого усиления*.

Однако это означает, что в приемнике придется иметь столько контуров и, следовательно, столько конденсаторов переменной емкости, сколько каскадов усиления. И столько же катушек, да еще умноженных на число диапазонов! Это неудобно: приемник получается громоздким. Поэтому придумали, как уменьшить число контуров, не только не ухудшив приемник, а, наоборот, сделав его еще более чувствительным.

Гетеродин

Вы помните, что электрические колебания можно вычитать. Так вот, в приемнике устраивают маломощный генератор электрических колебаний — *гетеродин*. Его частота выбрана более низкой, нежели частота станции, которую принимает приемник.

Рис. 22. Схема усилителя высокой частоты.

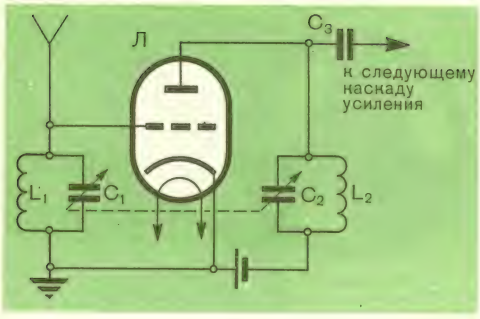


Рис. 23. Схема работы смесителя.

Рис. 24. Схема работы детектора.

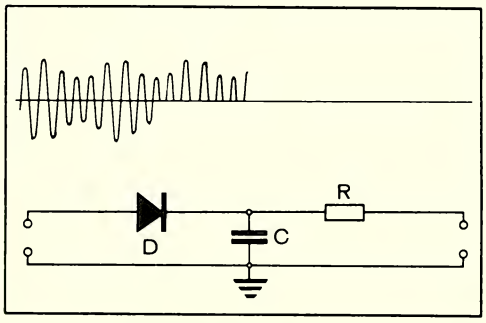
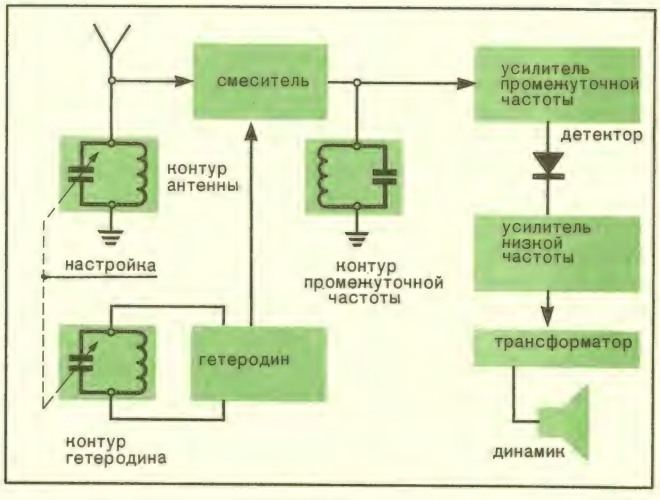


Рис. 25 *(внизу)*. Блок-схема супергетеродинного приемника.



А конденсатор колебательного контура гетеродина размещают на одной оси с конденсатором входного (т. е. подключенного к антенне контура). Стало быть, когда вы перестраиваете приемник, вы перестраиваете и гетеродин. Частота гетеродина все время будет отстоять на одну и ту же величину от настройки входного контура, т. е. от частоты принятой станции.

Смеситель

Обе частоты — и от входного контура, и от гетеродина — приходят на лампу-вычитатель (ее называют обычно *смесителем* (рис. 23). И как бы ни перестраивали приемник, какие бы станции ни принимали, на выходе смесителя все время будет одна и та же постоянная частота: разность поступивших частот. Эту частоту называют *промежуточной*. Ее усиливать гораздо проще: ведь контуры усилителей будут настроены все время на одну-единственную частоту.

В приемнике же останется всего два конденсатора переменной емкости и два комплекта катушек, которые нужно переключать в зависимости от диапазона.

Такой приемник называется *супергетеродинным* (рис. 25). По схеме «супера» построены практически все выпускающиеся сейчас приемники. И лишь самые простейшие, работающие на одном, максимум на двух диапазонах, иногда все-таки делают по схеме прямого усиления.

Детектор

Но вот сигнал усилен усилителем промежуточной частоты. Что дальше? А дальше он поступает на *детектор* — ламповый или полупроводниковой диод (рис. 24).

Радиоволны, покинувшие антенну передатчика и принятые приемником,— это модулированные колебания. Из них нужно выделить сигнал низкой частоты. Вот этим и занимается диод. Выделенные им низкочастотные колебания проходят на усилитель.

Усилитель построен также на лампах или транзисторах, но вместо колебательных контуров стоят сопротивления. Обычно в усилителе низкой частоты несколько каскадов. К последнему через трансформатор присоединен *громкоговоритель (динамик)*. Он устроен так.

К конусу из плотной бумаги — *диффузору* — приклеена катушка (рис. 27 и 28). Она находится в щели, где сильным магнитом создано магнитное поле. Когда по катушке проходит ток (это тот же самый ток, что течет через лампу или транзистор, только преобразованный трансформатором), она колеблется взад и вперед. Колеблется и диффузор. Он толкает воздух, а колебания воздуха не что иное, как звук.

«Экскурсия» по передатчику

«Путешествие» по приемнику начиналось с рассказа об антенне. По передатчику «экскурсия» пойдет в противоположном направлении: начнется у задающего генератора, а закончится у антенны.

Рис. 26. Передатчик метеорологической ракеты.

Рис. 27. Схема устройства динамика.

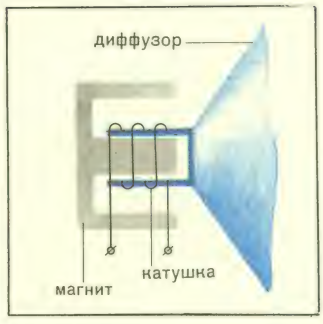
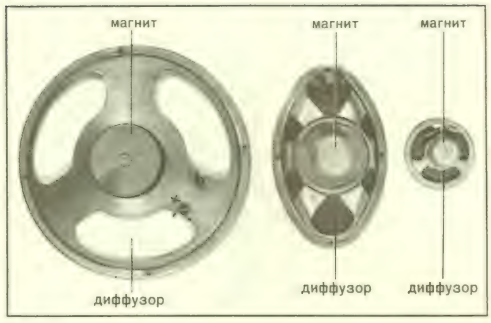


Рис. 28. Различные динамики.



Генератор

Генератор — это лампа с колебательным контуром в анодной цепи и катушкой, подключенной к сетке (рис. 29). Он немного напоминает усилитель высокой частоты. Но если там катушки тщательно отделялись друг от друга металлическим экраном, то здесь, наоборот, они намотаны на одном каркасе. Чтобы генератор заработал, катушки должны быть намотаны так, как показано на рисунке («н» — начало намотки, «к» — конец).

Когда генератор включают, ток начинает идти через лампу. В катушке L_1 (анодной) возникает магнитное поле. Его силовые линии пересекают витки катушки L_2 (сеточной) и возбуждают в ней напряжение (понятно, что ток, идущий через анодную катушку L_1, возбуждает и на ней напряжение). Напряжение же на сеточной катушке сразу усилит анодный ток лампы. Он станет более мощным, напряжение на катушке L_1 увеличится, и соответственно напряжение на катушке L_2 возрастет. Такое включение катушек, когда напряжение анодной катушки возбуждает напряжение в катушке сеточной, а сеточное напряжение усиливает анодный ток и тем самым напряжение на анодной катушке, называется в технике *положительной обратной связью* (см. ст. «Положительные и отрицательные обратные связи»).

Но сила тока в лампе не может возрастать бесконечно. В конце концов она перестанет увеличиваться хотя бы потому, что катод не сможет поставлять больше электронов. Но раз сила анодного тока перестала изменяться, перестало изменяться и магнитное поле катушки L_1. Поэтому напряжение на катушке уменьшится. От этого и напряжение на сетке станет уменьшаться. Однако уменьшение сеточного напряжения вызовет уменьшение силы анодного тока и магнитного поля катушки L_1. Это сразу же отзовется на катушке L_2: напряжение на ней станет еще меньше. Так будет продолжаться до тех пор, пока напряжение на сетке не запрет лампу и ток не прекратится.

Но раз ток прекратился — исчезло и магнитное поле катушки L_1, а с ним и напряжение в катушке L_2, запиравшее до сих пор лампу. Следовательно, через нее пойдет ток, и всё повторится сначала.

Итак, в генераторе возникли колебания. Их частота будет определяться настройкой анодного контура. Впоследствии эти колебания попадут на антенну, а с нее уйдут в пространство. Значит, частота генератора определяет, *задает* частоту, на которой работает передатчик. Чтобы вам не приходилось то и дело подстраивать приемник, ловя «убегающую» станцию, частота задающего генератора должна быть строго постоянной, стабильной. На Земле работают сотни тысяч радиовещательных, связных, радиолокационных, телевизионных, самолетных и многих других радиостанций. Все диапазоны забиты ими до отказа. На международных конференциях радиостанциям разных стран отводят определенные частоты: каждой станции — свою частоту. А рядом — уже другая станция. Если генератор будет нестабильным, станции будут мешать друг другу.

Усилитель высокой частоты

Мощность задающего генератора маленькая, а чтобы передать информацию на весь мир и тем более вести связь с космическими станциями, нужна энергия в сотни и тысячи киловатт. Поэтому колебания задающего генератора усиливают *усилителем высокой частоты*. Но это уже не тот усилитель с миниатюрными лампами и транзисторами, который можно увидеть в приемнике. Нет, усилитель мощного передатчика — это большой шкаф, а то и несколько шкафов, занимающих целую комнату. Лампы, работающие в нем, иногда бывают выше человеческого роста. Их охлаждают воздухом, нагнетаемым мощными вентиляторами, или водой. Приходится охлаждать и катушки: катушка мощного передатчика греется так же сильно, как и лампа.

Конечно, существуют и миниатюрные, переносные передатчики. Некоторые даже прячутся вместе с приемником в телефонной трубке, а то и в брусочке размером с кусок сахара. Такие передатчики похожи

Рис. 29. Схема генератора высокой частоты.

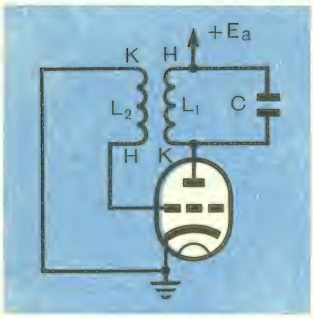
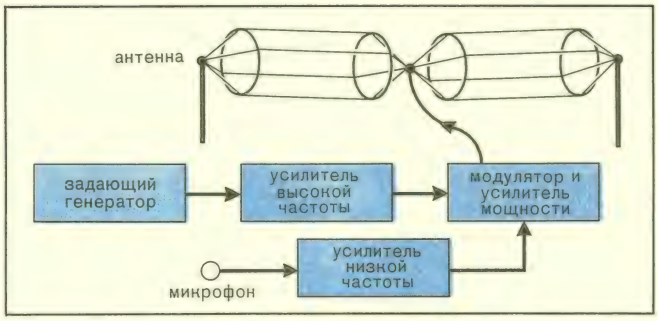


Рис. 30. Блок-схема радиовещательного передатчика.



по конструкции на приемники, и в них используют обыкновенные лампы и транзисторы.

Усилитель низкой частоты

Усилитель низкой частоты, подающий пойманные микрофоном звуки к модулятору, у мощного вещательного передатчика также внушителен и мощен. Когда оркестр играет с самой большой громкостью, на какую способен, мощность усилителя низкой частоты равняется мощности передатчика. А ведь вещательная станция излучает в антенну сотни киловатт.

Вещательные станции работают, как правило, амплитудной модуляцией. А вот станции для связи с кораблями и самолетами очень часто применяют импульсную модуляцию. Длинные и короткие «вспышки» излучения станции складываются в «морзянку» — сигналы азбуки Морзе, которую знает каждый телеграфист. В «телеграфном» режиме связь на дальних расстояниях получается гораздо устойчивее, потому что помехам куда труднее забить писк «морзянки», чем человеческий голос: «морзянку» сразу отличишь от треска помех, а голос очень легко становится неразборчивым.

Антенны передатчиков

Антенны передатчиков совсем не так просты, как антенны приемников. Ведь они должны хорошо излучать ту энергию, которую им предоставляет передатчик. Мало толку, если передатчик развивает мощность 100 Вт, а с антенны уходит всего 10 Вт и вся остальная энергия бесполезно превращается в тепло. Поэтому передающие антенны тщательно рассчитывают, и для разных диапазонов они оказываются разными по конструкции.

Антенна ДВ и СДВ — это несколько мачт высотой 100—150 м, между которыми подвешены излучающие радиоволны провода. Мачты отстоят друг от друга на 100—120 м, так что антенна занимает несколько десятков гектаров. А под антенной закопаны в землю провода заземления (их называют противовесом). К антенне и заземлению подключают передатчик.

Антенны такого же типа, но поменьше размером строят и для вещательных станций, работающих в диапазоне 750—2000 м.

Для станций диапазона 200—600 м в качестве антенны используют высокую вертикальную мачту.

Антенны КВ диапазона подвешивают на мачтах высотой 20—50 м. Если расположить друг за другом несколько таких антенн и питать их от одного передатчика, они будут излучать волны только в одном направлении — по оси ряда — и станут единой *направленной* антенной. Есть направленные антенны, напоминающие ромб, подвешенный на мачтах. Они так и называются — *ромбические.* У них важная особенность: они отлично излучают на многих частотах, а не на одной-единственной частоте, как другие КВ антенны.

На УКВ разнообразие антенн громадно: и диск с конусом под ним; и металлическая чаша-отражатель с антенной внутри нее; и диэлектрический стержень; и ряд щелей, прорезанных в металлической трубе — *волноводе* (на УКВ энергию к антенне подают не проводом, а, словно воду, по металлическим трубам — круглым или квадратным); и рупорная; и свернутая в спираль; и насаженные на палку куски трубок, направляющие энергию в заданном направлении от антенны. А ведь это лишь малая часть существующих типов антенн!

Телевидение — картинка, которую делают электроны

На многих станциях московского метро вы можете увидеть мозаику — картины, созданные художниками из разноцветных камешков. В телевидении картинка на экране телевизора сделана тоже по принципу мозаики, только не из камешков, а из черных и белых точек. В цветном телевидении точки цветные, а все остальное то же самое.

Рис. 31. Ток, создаваемый генераторами кадров и строк.

Экран, луч, трубка

«Все остальное» — это экран, луч и трубка.

Картинка, как вы знаете, возникает на экране, который довольно ярко светится (рис. 34). Но почему светится экран? Потому что на него изнутри нанесено вещество — люминофор, которое ярко вспыхивает, когда в него ударяется поток электронов — *электронный луч*. Луч возникает из электронов, выброшенных катодом, таким же, как катод электронной лампы, только немного другой формы. *Катушка фокусировки,* по которой течет постоянный ток, сжимает своим магнитным полем поток электронов в тонкий, как игла, луч, и под действием высокого напряжения (10—15 кВ) они летят к экрану. В телевизоре очень высокое напряжение — вот почему *ни в коем случае нельзя менять лампы, когда телевизор включен!* Вас может сильно ударить и даже убить током. Экран и катод спрятаны в стеклянную колбу — *электроннолучевую трубку*. Из нее выкачан воздух.

В последнее время в телевизорах чаще стоят трубки, на которых вы не увидите катушки фокусировки. Электроны сжимаются в луч в них по-другому: с помощью электрической линзы, которая действует на электроны так же, как стеклянная линза на лучи света.

Но как же электронный луч ухитряется не бить в одну точку, а «освещать» весь экран? Для этого на горло трубки надеты *катушки отклонения: катушки кадров и строк*. По ним проходит ток, и магнитное поле катушек отклоняет луч. Ведь провод с током (т. е. провод, по которому текут электроны) в магнитном поле начинает сам собой двигаться. Стало быть, и электронный луч обязан двигаться в магнитном поле: ведь он подчиняется тем же законам физики. Вот магнитное поле катушек и направляет его сначала в левый верхний угол экрана, а оттуда он начинает чертить строчки слева направо (этим заведуют *строчные катушки),* постепенно спускаясь после каждой строчки вниз (это заслуга *кадровых катушек).* Когда строчки — а их 625 — займут весь экран сверху донизу, луч рывком возвращается на свою «стартовую позицию» и начинает путешествие снова. Все это происходит чрезвычайно быстро: луч обходит весь экран и возвращается 50 раз в секунду. Генераторы строк и кадров создают в катушках ток особой пилообразной формы (рис. 31).

Трубка похожа на триод: у нее есть катод, анод и даже сетка, которая регулирует мощность электронного луча. Чем больше электронов в луче, тем сильнее светится экран. Когда на сетку поступает переменное напряжение, экран светится в одних местах сильнее, в других слабее, и вы видите изображение.

А знаете ли вы, когда была изобретена электроннолучевая трубка? В 1897 г., через два года после изобретения радио!

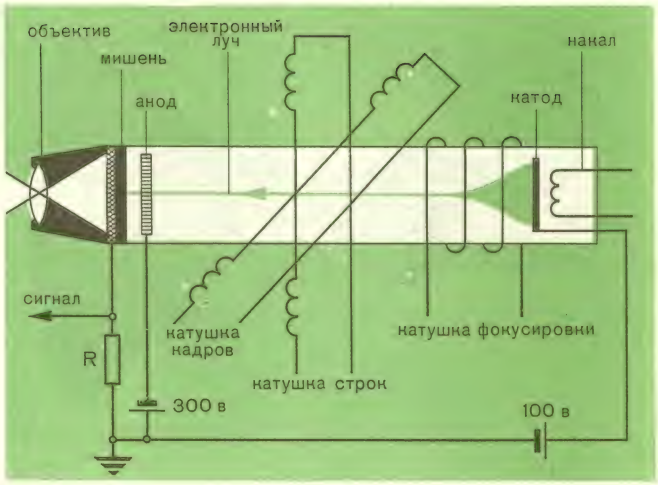
Сигналы, управляющие яркостью, поступают с телецентра. Поэтому мы сейчас ненадолго заглянем на телестудию, а потом снова вернемся к телевизору.

Вот оператор нацелился объективом телекамеры на диктора за столом. Вся сцена залита ярким светом прожекторов. Оператор рукоятками заставляет камеру подниматься и опускаться, перемещаться в стороны: он ищет удобную точку съемки, чтобы кадр на экране был красивым и выразительным (рис. 32). Телекамера по принципу работы несколько похожа на фотоаппарат, только вместо фотопластинки в ней *передающая телевизионная трубка.* Трубки бывают разные, большие и маленькие, у самых маленьких диаметр 25 мм, а длина всего 150 мм. И хотя такая трубка гораздо меньше по размерам, чем трубка в телевизоре, она устроена примерно так же. В ней есть *экран,* по которому бегает электронный луч, *катод,* испускающий электроны, *катушки отклонения.* Только сетки нет: ведь луч не рисует картинку, а, наоборот, «снимает» ее с экрана, куда она попадает через объектив камеры, и превращает ее в электрический сигнал.

Вот как это происходит (рис. 33). Луч бегает по обращенной к нему части экрана, сделанной из металла селена,— *мишени.* Передняя часть экрана, обращенная к объективу, сделана из тончайшей металлической пленки, сквозь которую свободно проходит свет. Итак, сцена, разыгрывающаяся перед объективом камеры, оказалась спроецированной на мишень, словно на фотопластинку. Как и любая фотография, это изображение состоит из светлых и темных пятен. А селен в темноте очень плохо проводит ток, на свету во много раз лучше. Из-за этого в светлых местах картинки через мишень, металлическую пленку и сопротивление R течет ток луча большой силы, а в темных — малой силы. И на сопротивлении напряжение оказывается тоже то большим, то маленьким. Это напряжение подают на усилитель, потом на передатчик; радиоволны приносят радиосигнал, соответствующий напряжению, к антенне телевизора, в нем сигнал снова превращается в напряжение, попадает на сетку электроннолучевой трубки, и вы

Рис. 32. Рабочий момент в телестудии.

Рис. 33. Схема передающей телевизионной трубки.



видите на ее экране то же самое, что в это мгновение (именно в это мгновение!) видит оператор телекамеры.

Здесь описана — да и то очень упрощенно — работа передающей трубки — *видикона*. Есть и другие трубки: *иконоскоп* (она была изобретена раньше всех), *ортикон, суперортикон* и др. Самая чувствительная к свету — суперортикон. С ней можно вести передачу даже при свете звезд! А обычным телекамерам подавай залитую светом студию.

Но вернемся к телевизору. Ведь он должен заставить луч не только бегать по экрану, но бегать строго согласованно с лучом в передающей камере — синхронно. Иначе картинка окажется разрезанной пополам или вообще на экране ничего не будет, одни хаотически мечущиеся строчки.

Для такого согласования в сигнал, управляющий яркостью, подмешивается другой сигнал, управляющий началом каждой строки (сигнал синхронизации строк), и еще один сигнал, обозначающий момент, когда лучу нужно вернуться на «стартовую позицию» (сигнал синхронизации кадров) (рис. 35). Особые лампы или транзисторы отделяют эти сигналы от сигнала яркости и отправляют каждый по своему адресу: к генераторам строк и кадров. Вот теперь луч в трубке телевизора будет бегать по экрану строго согласованно с движением луча в телекамере.

Цветной телевизор

Цветной телевизор куда сложнее обыкновенного. Главным образом из-за трубки: ведь она состоит как бы из трех трубок, соединенных воедино!

Любой цвет, в том числе и белый, можно получить, смешивая три основных: синий, зеленый и красный. Поэтому экран цветных трубок — это более миллиона точек, светящихся этими основными цветами. Они равномерно рассеяны по экрану — в этом одна из главных трудностей изготовления трубки. По каждой группе точек бегает «свой» электронный луч (этого тоже совсем не просто добиться!), они светятся с разной силой, и, так как вы смотрите телевизор издали, каждые три точки сливаются для вас в одну, а вся картинка оказывается цветной.

В последнее время придуманы новые, более простые и потому дешевые трубки. Так что в будущем цветные телевизоры будут так же доступны, как и черно-белые.

Телевизионные антенны

Чтобы телевизор хорошо работал, ему нужна хорошая антенна. Это значит, что, во-первых, она должна быть настроена на тот телевизионный канал, который собираются принимать (существуют антенны, способные принимать сразу несколько телевизионных каналов, но они также должны быть тщательно рассчитаны и настроены). Во-вторых, она должна быть поднята повыше над крышей дома, а в-третьих, соединить ее с телевизором должен особый коаксиальный кабель (рис. 36), похожий на тот, который используется для многоканальной связи.

Передающие телеантенны поднимают как можно выше, строят для них колоссальные башни, такие, как Останкинская в Москве, высотой более 500 м. Ведь УКВ, на которых ведется передача телевидения, можно принимать, как вы помните, лишь пока выпуклость Земли не сделает передающую антенну невидимой.

Сейчас почти во всех городах, где есть телецентр, над большими домами стоят коллективные антенны. От одной такой антенны работают все телевизоры дома или одного подъезда. Это лучше, чем лес антенн на крышах.

Рис. 34. Схема приемной телевизионной трубки.

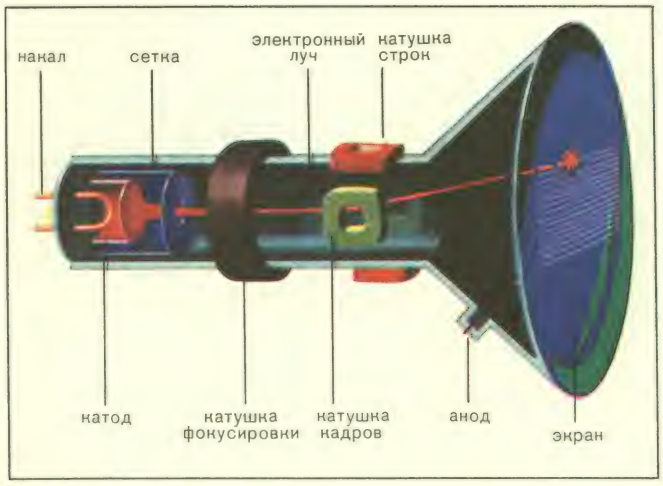


Рис. 35. Сигналы синхронизации управляют током в катушках отклонения.

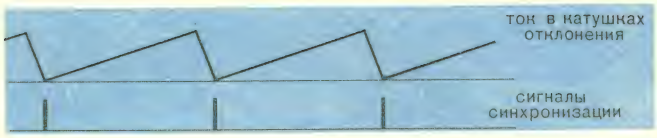
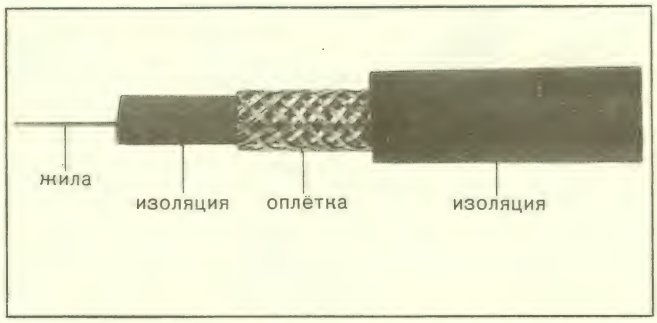


Рис. 36 *(внизу)*. Коаксиальный кабель.



Чтобы передавать изображение в другие города или даже на другие континенты, сейчас используют кабельные и радиорелейные линии, а также спутники связи. В нашей стране в 1965 г. построена система «Орбита»: в нее входят наземные приемные станции и запущенные в космос спутники «Молния». Каждый спутник — это маленькая приемно-передающая станция. Она не очень мощная, и поэтому принимать ее передачу прямо на телевизор нельзя. Для этого служат наземные станции: они принимают сигнал своими огромными антеннами и очень чувствительными приемниками, усиливают его, подают на телецентр, а уж оттуда житель Владивостока принимает телепередачу из Москвы.

Промышленное и космическое телевидение

А бывает еще и *промышленное телевидение,* передающееся не радиоволнами, а по проводам,— *замкнутое.* Оно используется в промышленности: диспетчер, управляющий шахтой, наблюдает, как идет работа; главный инженер завода с помощью телевизора может побывать в любом цехе, не выходя из кабинета; дежурный по станции видит, где и сколько вагонов стоит на путях. По замкнутому цветному телевидению студенты наблюдают за операцией, которую делает знаменитый хирург: ведь всем в операционную войти нельзя. Работники дорожной службы следят по телевидению за перекрестками, где часто бывают заторы, и в нужную минуту отключают автомат, регулирующий огни светофора, и берут управление на себя.

Есть и еще один вид телевидения: *космическое.* Мы видим космонавтов, работающих в своих кораблях; лунную поверхность; на Землю приходят фотографии поверхности загадочного Марса... Все это возможно только благодаря телевидению.

Радиолокация: электромагнитные волны, делающие видимым невидимое

Если крикнуть перед стеной леса, звук вернется назад и вы услышите эхо. Звук отразился от деревьев. А радиоволны отражаются от любого предмета, оказавшегося на их пути. Радиолокатор посылает в пространство короткий всплеск радиоволн, а потом (той же антенной!) слушает: не вернется ли эхо? Если вернется,— значит, там, в том направлении есть какой-то предмет: может, самолет, ракета, а может быть, просто стая гусей. И ни ночь, ни туман, ни облака не помеха для всевидящего глаза радиолокатора. С его помощью летчик видит грозы, бушующие за сотни километров от самолета: молнии прекрасно отражают радиоволны. А раз видит — благополучно обходит их. Радиолокатор показывает пилоту и землю, закрытую сплошной пеленой облаков. Метеорологи с помощью радара (так иногда называют локатор) наблюдают облака, определяют, сколько выпало дождя. Капитаны морских кораблей спокойно ведут свои суда по узкому, извилистому фарватеру ночью в тумане: локатор точно показывает, где находится сейчас корабль. Придет время — и локаторы появятся на автомобилях и будут останавливать машину, если шофер не заметит препятствия на дороге. Созданы очень маленькие и легкие локаторы для слепых: они гораздо удобнее палки. Словом, радиолокация проникает буквально всюду и с каждым днем на пользу людям завоевывает все новые позиции.

Рис. 37. Радиолокатор определяет координаты цели.

Рис. 38. Современные антенны наземных радиолокаторов.

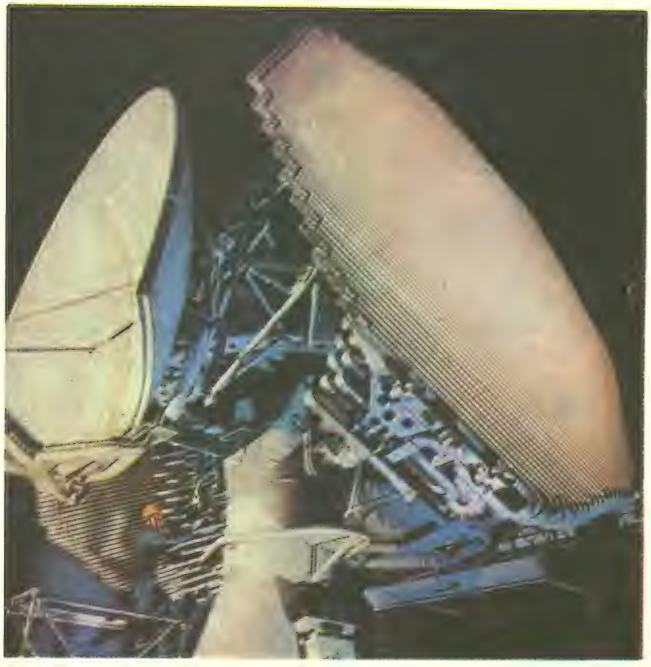
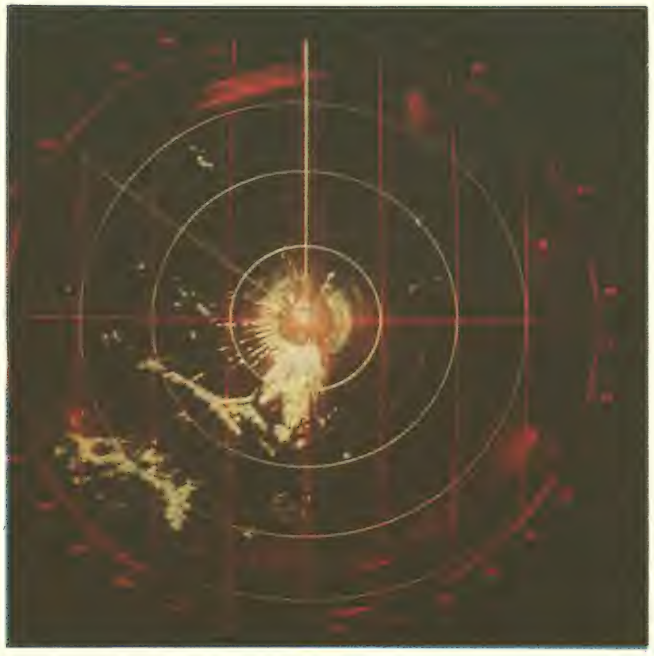


Рис. 39. Радиолуч локатора кругового обзора.

Рис. 40 *(справа)*. Изображение на индикаторе кругового обзора.



Локатор должен ответить, в каком направлении (по какому азимуту), как высоко над землей и далеко (или, что то же самое, каковы угол места и дальность) находится, скажем, самолет, иными словами — должен указать *координаты цели* (рис. 37). Для этого ему прежде всего нужна направленная антенна, которая бы посылала радиоволны тонким, словно игла, лучом. Как говорят радисты, у такого локатора *игольчатая* (или карандашная) *диаграмма направленности*. Антенна, создающая такую диа-

грамму направленности, похожа на автомобильную фару, только громадных размеров. Да еще зеркало этой «фары» не блестящее, а из простой крашеной сетки. Антенна поворачивается по кругу и может поднимать свою чашу и опускать, так что луч-иглу легко направить в любую точку небосвода. Понятно, что, когда «игла» упрется своим острием в самолет, очень легко измерить угол места и азимут, тем более что у оператора перед глазами шкалы указателей — *индикаторов*.

А как определить дальность? Дальность зависит от того, как долго будет путешествовать всплеск радиоволн — импульс — до цели и обратно, как скоро локатор услышит эхо.

Скорость радиоволн в воздухе известна: практически 300 000 км/с. Значит, нужно разделить время путешествия импульса пополам (ведь он прошел дорогу туда и обратно), а потом умножить на 300 000 км/с — и готова дальность. Но как измерить время? Ведь скорость радиоволны так громадна, что, даже если самолет находится на расстоянии 1000 км, импульс пропутешествует до него и назад за 6 с небольшим тысячных секунды. А если расстояния маленькие — так за десятитысячные и стотысячные. К тому же нужно помнить, что измерить расстояние надо с точностью до нескольких метров. Это уже заставляет считать время в десятимиллионных и стомиллионных долях секунды! Где взять такой секундомер? Кто будет запускать его и останавливать?

Ученые придумали такой секундомер, а вернее сказать, *микросекундомер* (т. е. измеряющий миллионные доли секунды — микросекунды). Они взяли телевизионную трубку и заставили луч чертить одну-единственную строчку, причем так, чтобы в дорогу он отправился в тот момент, когда импульс радиоволн уходит с антенны в свою разведку. Тотчас же запускается генератор, вырабатывающий особые сигналы — «метки» с частотой 1 МГц, т. е. миллион меток в секунду. Значит, время между двумя метками будет равно 1 мкс (микросекунде). Эти метки поступают на сетку трубки, и строчка оказывается испещрена светлыми точками — сигналами времени. Между точками — 1 мкс, за это время волна проходит 300 м. А поскольку ей приходится преодолевать двойной путь, до цели и обратно, то расстояние между точками соответствует 150 м дальности. Вернувшееся эхо поступает на катушки отклонения, так что в этот момент электронный луч, двигающийся горизонтально, совершает скачок по вертикали: на экране появляется зазубринка. Против какой точки она находится — такова и дальность. Если волна путешествует долго и точек так много, что считать их утомительно, их считают электронные счетчики, которые прямо цифрами показывают дальность.

У самолетного локатора антенна другая. Она создает радиоволну в виде тонкого и широкого ножа (рис. 39). Этот «нож» вращается вместе с антенной по кругу, и станция «видит» все, что делается под самолетом. Поэтому и экран у самолетного локатора выглядит по-иному: луч на нем ходит от центра к краю и вслед за антенной поворачивается по кругу. Отраженные же волны, пойманные локатором, уже не появляются в виде зазубринок, а, словно в телевизоре, изменяют яркость луча. Река плохо отражает радиоволны — и на экране локатора она выходит темной. Леса выглядят светлыми пятнами, а железные крыши домов ярко светятся. Летчики читают такую радиолокационную карту так же легко, как обычную топографическую, хотя неопытному человеку она покажется хаотическим нагромождением светлых и темных пятен.

Такой локатор называется *станцией кругового обзора*. Он чаще всего стоит на кораблях и самолетах, хотя используется и на суше,— скажем, для осмотра неба вокруг аэродрома (рис. 40).

Вражеские ракеты нужно обнаруживать как можно раньше, на большом расстоянии: ведь они летят со скоростью около 8 км/с. Дальность же действия локатора зависит от размеров антенны и мощности передатчика. Вот почему станции дальнего обнаружения отличаются громадными антеннами, высотой с 8-этажный дом, и передатчиками гигантской мощности. До нескольких десятков мегаватт посылают они в пространство — это мощность электростанции крупного города!

Но все эти локаторы *активные*, т. е. их передатчик посылает радиоволны и сам же локатор отраженные волны принимает. Но есть и другие локаторы — *пассивные*, т. е. такие, у которых нет собственного передатчика.

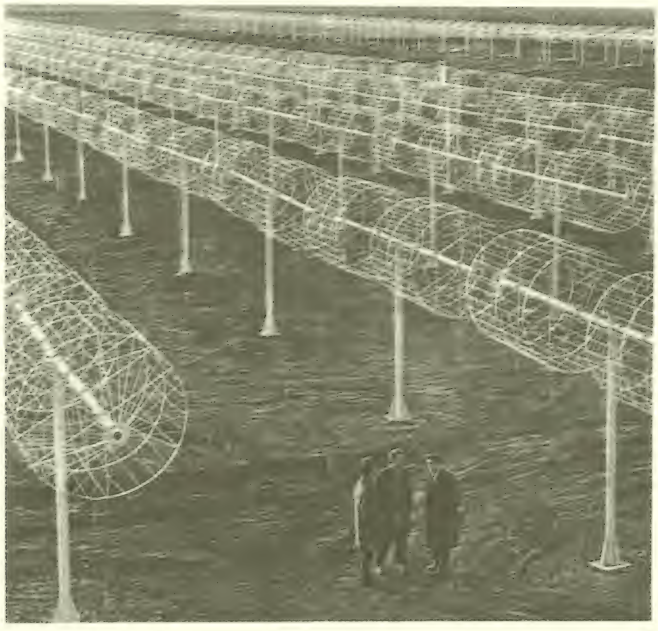
Передатчик стоит где-нибудь на ракете, или на спутнике, или на космической станции. Он посылает непрерывно сигналы, словно обыкновенная радиостанция, а локатор на Земле измеряет его координаты, причем гораздо точнее, чем активный локатор. Пассивный локатор — это своеобразный измерительный прибор, правда, фантастически сложный, но все же прибор. О его возможностях говорят такие цифры: он может определить положение космической станции на расстоянии 400 млн. км с ошибкой не более одной миллионной, т. е. не более 400 км!

Есть пассивные локаторы, которым передатчик совсем не нужен. Ведь все предметы испускают радиоволны: в любом веществе атомы и молекулы непрерывно колеблются, не сдвигаясь с места. Эти

колебания порождают радиоволны. А так как колебания возникают потому, что предметы более или менее нагреты, локатор, улавливающий колебания атомов, называют *тепловым*. Во время лесного пожара клубы дыма застилают воздух и не видно, где главные очаги огня и куда нужно сбрасывать пожарных. Тепловой локатор видит огонь сквозь дым так же хорошо, как обычный локатор — самолет или танк. Подводная лодка ушла на глубину, опущен перископ, и ничто не выдает ее движения. Но струя, отбрасываемая винтами, чуть-чуть теплее окружающей воды. Чуть-чуть, едва заметно, но достаточно, чтобы ее обнаружил бдительный теплолокатор. А вот геологи считают, что тепловой локатор — незаменимое средство для поисков новых месторождений полезных ископаемых прямо с воздуха. Разные породы по-разному проводят тепло, по-разному излучают тепловые радиоволны.

У радиолокации множество профессий, и рассказано здесь лишь о немногих.

Рис. 41. Антенны радиотелескопа, установленного около Харькова.



Радиоастрономия: гиганты исследуют гигантов

Знаете ли вы, что Солнце, как и другие звезды,— радиостанция? Впрочем, в этом нет ничего удивительного. Если уж куда менее нагретые предметы испускают радиоволны, принимаемые радиолокаторами, то Солнце должно быть крайне мощным «передатчиком». Так оно и есть.

Правда, очень долго приемники локаторов были такими малочувствительными, что не могли принять даже радиосигналов Солнца. Лишь в 1944 г. впервые удалось это сделать. Появилась новая отрасль науки — *радиоастрономия*.

Астрономы сразу заинтересовались новой возможностью исследовать небесные тела в диапазоне волн от метров до сантиметров.

У радиоастрономов, как у обычных астрономов, есть свои приборы для исследования глубин Вселенной — *радиотелескопы*. Первое, что бросается в глаза, когда вы подходите к радиотелескопу,— это антенна. По конструкции антенны радиотелескопов бывают самые разнообразные, но общее у них есть — грандиозность. Сооружение массой 1,5—2 тыс. т и высотой с 25-этажный дом чересчур большим не считается. Антенну радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико) построили в горной котловине диаметром более 300 м, потому что установить зеркало диаметром 300 м на равнине оказалось не под силу современной технике. И вот в котловине натянули сетку в виде огромной чаши, а над ней на тросах подвесили приемную головку. Антенна же советского радиотелескопа, расположенного около Харькова, занимает пространство в несколько квадратных километров. Несколько тысяч маленьких антенн, похожих на телевизионные, расположились длинными рядами, и каждая подключена к «своему» приемнику.

Наконец, в последнее время созданы радиотелескопы с антеннами размером... с Землю! Это не значит, что они действительно равны по диаметру нашей планете. Речь идет об *электрическом размере*. Дело в том, что, если взять две антенны и поставить их в километре одна от другой, а потом принимать их сигналы на два приемника, окажется, что эта система из антенн и приемников работает так, как работала бы одна антенна длиной 1 км. И вот две антенны поставили не в километре, а в точках, удаленных одна от другой на 7000 км. И радиотелескоп стал видеть звезды, отстоящие друг от друга всего на 0,0015″. Это равносильно тому, что с расстояния 2000 км, например, удалось бы различить глаза у мухи! Такое не под силу ни одному оптическому телескопу.

Радиотелескоп замечает в сотни раз более слабые звезды, чем те, которые еще можно запечатлеть на самых чувствительных фотопластинках, заменяющих астрономам в их охоте за звездами человеческий глаз.

Иногда радиотелескопы превращаются в радиолокаторы, и тогда астрономы измеряют расстояния до планет с неслыханной точностью. Так были измерены расстояния до Луны и Венеры, а по виду возвратившегося с Венеры сигнала удалось определить скорость ее вращения вокруг оси. С помощью радиотелескопа-локатора в Аресибо составили карту Венеры.

Но вот одно из самых удивительных достижений радиоастрономии — это работы советских ученых по изучению строения Луны. Подумайте только: радиоволнами изучают геологическое строение планеты! О таком даже не мечталось. Радиоастрономы выяснили, что никакого толстого слоя «лунной пыли» на Луне нет, задолго до того, как туда опустилась первая исследовательская станция «Луна-9».

Радиоуправление: радиоволны ведут ракету

Автомобилем управляет шофер, самолетом — летчик. А кто управляет ракетой? Ты скажешь: космонавт. Действительно, космонавт управляет космическим кораблем. Но полетом ракеты-носителя, когда она выносит корабль на орбиту, руководят с Земли.

Точно так же, как управляют с Земли полетом противосамолетных и противоракетных ракет, на которых нет пилота. И вообще, управлять ракетой с помощью автоматических устройств с Земли, как ни покажется странным, проще, удобнее, а главное — надежнее.

Есть и самонаводящиеся ракеты. Но мы будем говорить только о ракетах, наводящихся с Земли.

Вот, например, как выглядит одна из установок запуска антиракет (рис. 42). Радиолокатор дальнего обнаружения (кстати, это один из немногих локаторов, у которых передатчик и приемник не только помещаются в разных зданиях, но и работают с разными антеннами) видит ракету на расстоянии около 1600 км. *Радиолокатор селекции* (выделения) отличает головку с атомным зарядом от ложных головок — «приманок». *Локатор слежения* вычисляет траекторию полета боевой головки и решает «задачу встречи», т. е. рассчитывает с помощью ЭВМ точку, в которой антиракета должна подорвать головку ракеты, и время запуска антиракеты. Наконец, *локатор наведения* управляет антиракетой и выводит ее в точку встречи.

Но чтобы командовать полетом ракеты, нужно разговаривать с ней на понятном ей языке.

Рис. 42. Схема противоракетной установки.

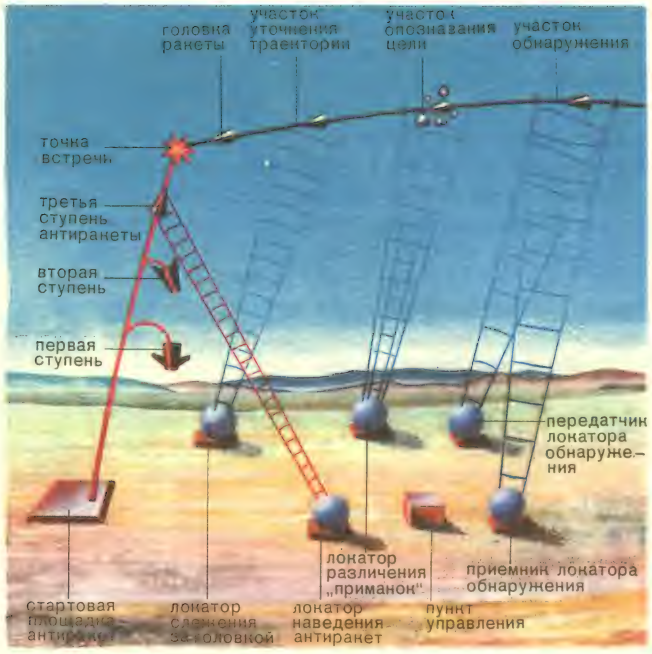
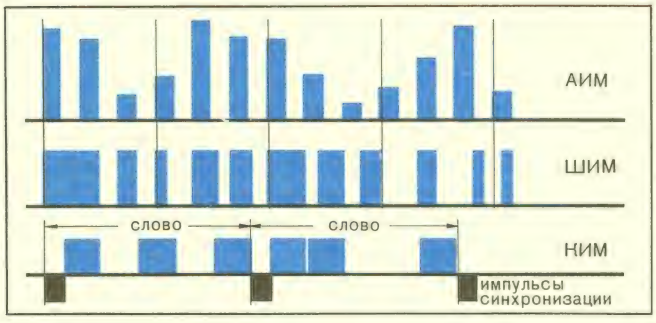


Рис. 43 *(внизу)*. Различные виды импульсной модуляции.



Машине (а ракета — это тоже машина, механизм) не скажешь, как шоферу: «Поверните, пожалуйста, немного вправо!» И даже так нельзя сказать, как капитан рулевому: «Право на борт пять градусов!» Машина таких фраз не понимает. Ей нужно на понятном ей языке сказать точно: «Руль направления +5 градусов». И конечно, нужно заранее условиться, что «+» означает поворот вправо, а «—» — поворот влево, точно так же, как «+» руля высоты будет означать, что ракета поднимается, «—» — что она снижается.

Разведчики, дипломаты и военные пользуются шифрами. Слова донесения или приказа превращают в строчки цифр, и лишь только тот, кто знает шифр, сможет прочитать сообщение. Инженеры, разговаривая с машинами, тоже шифруют свои приказы, превращают их в разнообразные комбинации импуль-

Рис. 44. Электромагнитные реле.

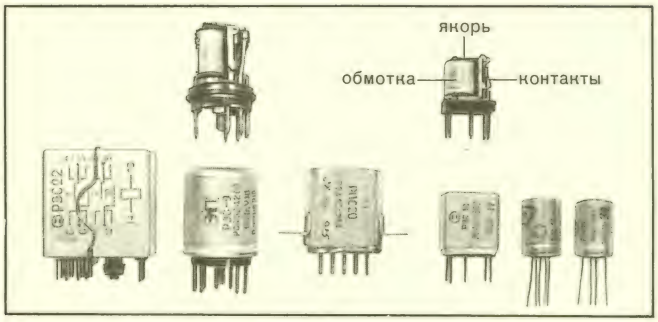
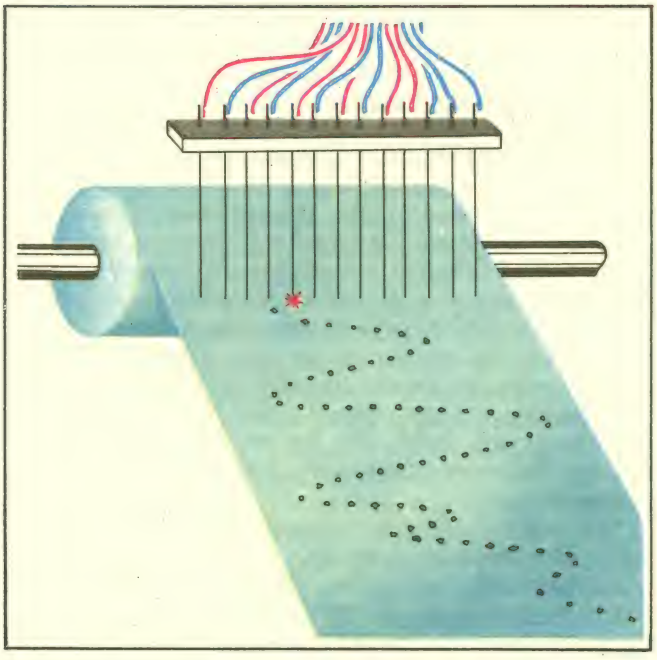


Рис. 45. Коммутатор телеметрической системы метеорологической ракеты.

Рис. 46 *(внизу)*. Искровой самописец. К нему подходит сигнал одного из датчиков.



сов, немного напоминающих импульсы, которые излучает радиолокационная станция. Но если все импульсные сигналы локатора похожи друг на друга, то комбинации импульсов, создаваемых для разговора с машиной, различны, как различны слова, которые эти импульсы шифруют. Кстати, командные сигналы, понятные для машины, так и называют «словами». Мы их будем всегда ставить в кавычки.

Предположим, все «слова» состоят из 5 импульсов. Каким образом можно сделать сочетания импульсов разнообразными? Ну, хотя бы изменяя амплитуду (рис. 43) — это будет сигнал *амплитудно-импульсно-модулированный* (АИМ). Если менять импульсы по ширине — получится *широтно-импульсно-модулированный* сигнал (ШИМ). А когда все импульсы равны и по амплитуде, и по ширине, а «слово» от «слова» отличается количеством и положением импульсов, команда передается *кодово-импульсной модуляцией* (КИМ), чаще ее называют *импульсно-кодовой модуляцией* (ИКМ).

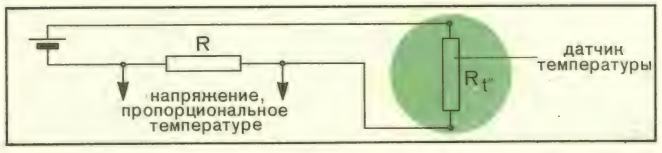
Первое, что требуется от команды,— чтобы ее нельзя было перепутать с какой-нибудь другой, а второе — чтобы помехи (разряды молний, всякие шумы и нарочно созданные противником «забивающие» сигналы) не могли исказить код — машинный шифр — и сделать управление невозможным.

Можно создать такой код, который сам будет сигнализировать, если помехам все-таки удалось внести в него ошибку, и, больше того, сам будет подсказывать, как эту ошибку исправить.

Но вот команда добралась до ракеты. Как превратится она из набора импульсов в «нечто», включающее двигатель поворота рулей? Для этого ее направят в расшифровщик импульсов — *дешифратор*.

У дешифратора есть «память», где сохраняются все до единой команды, которые способна исполнять ракета. Когда поступает команда, принятая приемником, дешифратор сравнивает ее с имеющимися «эталонами». Какой из образцов совпал, ту команду и нужно выполнять. Если команду исказили помехи, дешифратор исправит ее. Ну а если исправление невозможно, он подождет, когда она будет передана еще раз: команды для надежности повторяют несколько раз, так что большинство одинаковых «слов» окажутся неискаженными. И дешифратор поймет, какую команду выполнять.

Рис. 47. Схема включения датчика температуры.



Дешифратор превратил команду в напряжение постоянного тока, ток пошел в обмотку реле (см. ст. «Органы чувств» автоматов»), реле сработало — и электродвигатель отклонил руль направления ракеты (рули противосамолетных ракет похожи на рули самолета). Или, если нужно уменьшить скорость, автомат слегка перекроет клапан подачи топлива в двигатель. Или включит еще какой-нибудь исполнительный механизм.

Однако никакое управление невозможно, если оператор не знает, как ведет себя управляемый объект. И здесь на помощь ему приходит *телеметрия* — измерение на расстоянии.

Человек измеряет температуру термометром. Он смотрит на столбик ртути и читает по шкале, против какого деления остановилась ртуть. Но такой термометр для ракеты или межпланетной станции не годится: нет человека на борту, который мог бы прочитать показания. Поэтому нужно брать особый термометр, сразу превращающий температуру в электрические сигналы, которые можно легко передавать по радио. Этот термометр — *датчик температуры* (см. ст. «Органы чувств» автоматов»).

Датчиков множество, и самых разных конструкций. И хотя устройства эти и не очень заметны, от них зависит многое: одни докладывают о давлении в камерах сгорания двигателей, другие измеряют температуру топлива и окислителя, третьи прослушивают пульс или измеряют кардиограмму космонавта... Простое перечисление обязанностей датчиков заняло бы не одну страницу. Поэтому проследуем дальше по телеметрической системе.

Смотрите, что получается: датчиков много, а радиопередатчик один. Это напоминает собрание, на котором все хотят выступить, а трибуна для выступления одна.

Что делать? И председатель устанавливает очередь: «Говорите по одному!»

На собрании датчиков председательствует *коммутатор,* похожий на тот, что работает на АТС. Он подключает к передатчику сначала одного «оратора», потом другого, третьего и т. д. А когда все по разу выступят, разрешает говорить снова первому датчику — и так далее по порядку номеров (рис. 45). И хотя «выступление» датчика оказывается после этого разрезанным на кусочки, это никого не печалит. Ведь и по кусочкам информации можно восстановить ход явления. И ученые по отдельным точкам — «докладам» датчика — восстанавливают график изменения пульса человека или давления в двигателе.

Правда, вот беда: от передатчика к приемнику приходит смесь сигналов всех датчиков. Как выделить «голос» каждого датчика?

Для этого существует еще один коммутатор на Земле. Он «разводит» информацию от датчиков по *самописцам*: каждому свой самописец. А чтобы мы знали, где сигналы первого датчика, где второго, коммутаторы работают строго синхронно. Это значит, что и бортовой и наземный коммутаторы одновременно переключаются с датчика на датчик и начинают «опрос» именно с «оратора» № 1. Для этого в сигнал передатчика подмешивают синхронизирующие импульсы, точно так же, как были они подмешаны в телевизионный сигнал. И теперь уже ошибки не произойдет: на первом самописце идет запись информации именно первого датчика. Но как происходит запись?

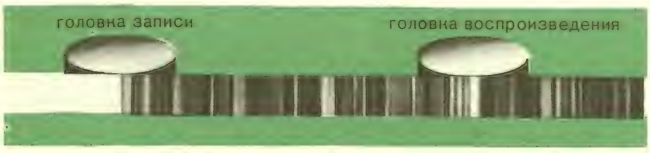
Обычно полагают, что информацию записывают чернилами. Чем-то вроде шариковой ручки, которой водит по бумажной ленте металлическая «рука». Но такие самописцы остались лишь для записи сигналов очень низкой частоты, скажем, графиков пульса или кровяного давления. А космические ракеты летят со скоростью 8 км/с и даже быстрее. Только электрической искре угнаться за ними! И действительно, присмотритесь к самописцу на рисунке: тонкие проволочки (их бывают сотни!) нависли над лентой. Искра (рис. 46) соскакивает то с одной, то с другой, и на бумаге остаются черные точки: словно лиса пробежала по свежевыпавшему снегу. Подключенный к выходам коммутатора, такой самописец запишет принимаемую от датчиков информацию строго по своим дорожкам. По этим записям — графику информации — оператор за пультом управления без труда сможет определить, что в данный момент происходит на ракете.

Магнитофон: звук и картинка, записанные на пленку

Идея любого магнитофона крайне проста. Если через электромагнит (обмотку реле с сердечником) пропускать ток, кусок железа, находящийся возле сердечника, намагнитится. Если же этим намагниченным куском железа махать перед сердечником электромагнита, в его обмотке появится ток.

Рис. 48. Головки стирания, записи и воспроизведения: *1* — головка стирания; *2* — головка записи и воспроизведения.

Рис. 49 *(внизу)*. Схема записи звукового сигнала на пленку.



Миниатюрные электромагниты, стоящие в магнитофоне, называются *головками записи, воспроизведения и стирания* (рис. 48). Для чего нужны первые две — понятно, а третья подготавливает пленку к записи: стирает предыдущую запись. Вместо куска железа в магнитофоне движется пленка, пластмассовая лента с тонким слоем железного порошка. Пленку тянет электродвигатель, к валу которого ее прижимает ролик. Этот же двигатель вращает и кассеты (впрочем, иногда каждую кассету вращают своим двигателем).

Если теперь подключить через усилитель к головке записи микрофон, получится вот что: звуковые колебания воздуха превратятся в микрофоне в электрический ток, ток пройдет через обмотку головки записи и намагнитит ленту. Чем сильнее звук, тем больше намагнитится лента. А так как она бежит перед головкой, на ней в виде более или менее намагниченных участков остается «память» о звуках, произнесенных перед микрофоном (рис. 49).

Когда же пленка проходит мимо головки воспроизведения, намагниченные участки возбуждают в ее обмотке ток, точно совпадающий по форме с тем током, который намагничивал ленту с помощью головки записи. Этот возбужденный ток пройдет через катушку динамика, заставит колебаться диффузор — и мы услышим звук. Те самые слова, которые вы произносили в микрофон.

Усилитель же нужен вот зачем. Сила тока микрофона очень маленькая. А для работы головки записи нужен ток большей силы. Чтобы записать звук на пленку, ток микрофона усиливают усилителем записи. Точно так же и ток, возбуждаемый в головке воспроизведения, не сможет раскачать динамик. Его усиливают усилителем воспроизведения.

Часто для упрощения магнитофона объединяют оба эти усилителя и обе головки. Тогда при записи эту новую, универсальную головку включают на выход универсального же усилителя, а для воспроизведения, наоборот,— на вход.

Магнитофоны бывают самых разных видов и размеров. Большие, размером с обеденный стол,— на них записывают звук в радиостудиях, и качество записи и воспроизведения получается исключительно высокое. Средних размеров, с небольшой чемодан,— для домашней записи. У этих качество работы похуже. Совсем маленькие магнитофоны, которые помещаются даже в кармане, работают от батарей — это незаменимый спутник журналиста.

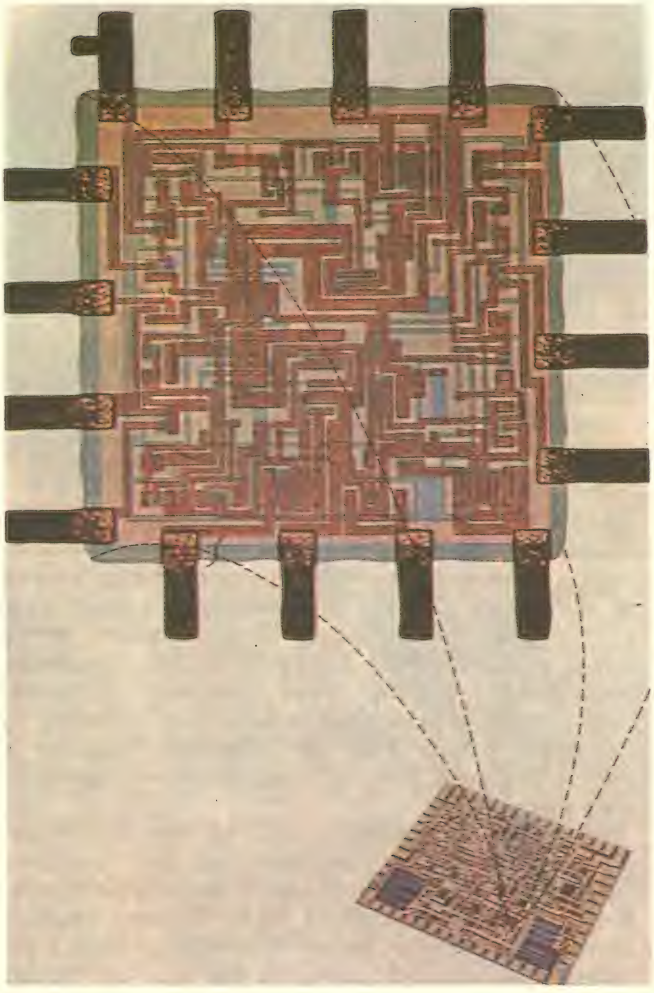
В конце 50-х годов были придуманы магнитофоны для записи изображений. Это гораздо более сложные устройства, нежели обычные магнитофоны. Главное — у них более высокая скорость движения пленки (пленка, кстати, в несколько раз шире) и весьма сложно устроенная система головок. Первые *видеомагнитофоны* занимали несколько шкафов. Теперь же выпускают видеомагнитофоны на полупроводниках для домашней записи прямо с телевизора и совсем миниатюрные репортерские модели. Но стоят такие магнитофоны дороже обычных, на которых записывается звук.

На видеомагнитофон записывают в телестудии многие телепередачи. Это очень удобно. Запись можно сделать в любое время, а воспроизвести — когда это нужно студии: поздно вечером или через неделю. Или вот телепередача через спутник «Молния»: когда в Москве вечер, во Владивостоке раннее утро, и никто телевизор, конечно, не смотрит. Все идут на работу. Поэтому передачу запишут во Владивостоке на видеомагнитофон и покажут ее зрителям вечером.

Огромное значение имеет магнитофонная «память» для вычислительных машин. Ведь на пленку (или барабан, покрытый железным порошком, или на вращающийся магнитный диск) можно записать массу сведений. На 1 $см^2$ пленки умещается более 16 000 импульсов информации, грубо говоря, на 3 $см^2$ можно записать страницу этой книги, а сколько страниц вместит пленка шириной 12 мм и длиной 120 м — это уж вы подсчитайте сами. Магнитные пленки, барабаны и диски становятся настоящими кладовыми всевозможных сведений. Есть проекты, скажем, такого рода: перевести на магнитную «память» большинство книг в библиотеках. Тогда окажутся ненужными гигантские хранилища, а прочитать эту книгу сможет каждый, не выходя из дома: достаточно через сеть электросвязи подключиться к ЭВМ библиотеки и набрать шифр книги, под которым она числится.

Рис. 50. Ртутный выпрямитель в работе.

Рис. 51. Тонкопленочная схема (увеличено более чем в 100 раз).



Промышленная электроника: электроны и ионы за работой

Электросвязисты и радиоинженеры имеют дело с электромагнитными волнами и электрическими колебаниями, специалисты по электронике — с различными свойствами электронов и ионов. Теоретическая электроника изучает поведение этих частиц в вакууме, газах, жидкостях, твердых телах и плазме, а практическая — промышленная — строит всевозможные электронные приборы и применяет их в самых разных областях науки и техники.

История электроники начинается в глубокой древности, когда любознательные греки натирали куском шерсти янтарь (по-гречески — «электрон») и потом наблюдали, как он притягивает кусочки сухих листьев и птичьи перья. Но это были лишь забавы. Серьезные эксперименты с электрическим током начались только в первые годы прошлого века, после изобретения электрического элемента. Вскоре была открыта электрическая дуга (вольтова дуга). В 1850 г. подмечено, что ток может проходить через разреженный газ. Спустя 9 лет открыты катодные лучи, т. е. потоки электронов, летящих в вакууме от холодного катода к аноду, а в 1883 г. — термоэлектронная эмиссия. Это последнее открытие, казалось бы, должно было привести к созданию электронной лампы, но она не была придумана, пока не было изобретено радио, которое дало мощный толчок всевозможным новым идеям в области электроники. Радиотехника взяла на вооружение электронную лампу, электронолучевую трубку, кристаллический детектор и другие изобретения. Радио вызвало к жизни гигантскую электронную промышленность, и поэтому его с полным основанием можно считать «родителем электроники».

Электроника, родившаяся из радиотехники, стала управлять станками, цехами, заводами, создала электронные вычислительные машины и многое другое. В свою очередь достижения электроники помогали развитию радиотехники. Вот почему об этих «сестрах» нельзя говорить в отдельности: рассказывая о радиотехнике, мы всегда думаем и об электронике, и наоборот.

Однако к середине 30-х годов нашего века электроника начинает заниматься делами, никакого отношения к радио не имеющими. Мощные генераторы высокой частоты принялись сушить дерево, греть стальные детали перед закалкой. В эти годы были

Рис. 52. Электронный микроскоп.

созданы первые *электронные микроскопы,* в которых объект освещали не лучи света, а пучок электронов и увеличенное изображение создавали не стеклянные линзы, а невидимые магнитные и электрические поля. Перед самой Великой Отечественной войной появились первые *термоэлектронные генераторы,* в которых тепло костра или керосиновой лампы сразу, без всяких промежуточных устройств, превращалось в электричество (см. ст. «План ГОЭЛРО и будущее энергетики»). После изобретения полупроводникового триода возникла обширная область полупроводниковой электроники. В 60-е годы были созданы *твердотельные приборы,* в которых целые блоки из многих транзисторов, сопротивлений и конденсаторов сделаны из единого куска полупроводника. Особой отраслью электроники стала обработка металлов мощными электронными пучками: резание, сварка и другие процессы. Наконец, *квантовая электроника* подарила людям *усилители — мазеры,* без которых немыслима космическая радиосвязь, и *генераторы — лазеры* — генераторы невообразимо мощных пучков энергии, заставившие вспомнить самые невероятные фантастические романы, вроде «Гиперболоида инженера Гарина» А. Толстого (см. ст. «Новые методы обработки»). Так что теперь уже не радио открывало новые горизонты перед электроникой, а, наоборот, электроника стала открывать новые перспективы и возможности для радиотехники.

Ионы в стеклянной колбе

Очень часто бывает нужен постоянный ток: скажем, для производства алюминия, или чтобы покрывать металл блестящей пленкой никеля и хрома, или для зарядки аккумуляторов. А кругом только переменный ток. И тогда его превращают в постоянный:

выпрямляют с помощью вакуумных или полупроводниковых диодов. А порой, когда нужен ток силой в сотни ампер и напряжением в тысячи вольт, прибегают к услугам ламп, наполненных газом: *диодов-газотронов* и *триодов-тиратронов*. Газ (криптон, аргон, гелий, водород) находится в них под небольшим давлением.

Когда напряжение на аноде газотрона положительное, с нагретой нити накала к нему летят электроны. По пути они ударяются в молекулы газа, выбивают из них электроны и превращают молекулы в заряженные частицы — *ионы*. Таким образом, каждый вылетевший с катода электрон порождает мощный поток выбитых, вторичных электронов, летящих вместе с ним к аноду, и такой же по мощности поток ионов, двигающийся к катоду. Как говорят, в газе происходит электрический разряд. Главное же преимущество газотрона в том, что, хотя сила тока достигает 200 А при напряжении до 70 кВ, он греется гораздо меньше вакуумного *диода-кенотрона*.

Иногда бывает нужно иметь источник постоянного тока, напряжение которого можно было бы регулировать. В этом случае пользуются тиратронами. У тиратрона есть сетка, и, пока на ней существует отрицательное напряжение, ток через газ не проходит, хотя напряжение на аноде лампы и положительное. Но как только уберем отрицательное напряжение, в тиратроне начнется тот же процесс, что и в газотроне. Так вот, регулируя момент исчезновения запирающего напряжения на сетке, можно регулировать и напряжение постоянного тока, получаемое с тиратронного выпрямителя. Иными словами, в вашем распоряжении окажется источник постоянного тока в несколько десятков ампер, напряжение которого (а оно может достигать 30 кВ) вы сможете плавно регулировать.

Еще более мощны *ртутные выпрямители*: они дают ток силой в тысячи ампер при напряжении в сотни киловольт! У них нет подогреваемого катода, а вместо него на дно колбы (она может быть и стеклянной и металлической) налито немного ртути. Электрическое поле анода вырывает электроны из жидкого металла, и начинается мощный электрический разряд в парах ртути, которые наполняют колбу: ведь ртуть очень легко испаряется.

Очень важным стало в последние годы применение ртутных выпрямителей на линиях электропередачи (ЛЭП) (см. ст. «Электрический ток»). Линии электропередачи становятся все более высоковольтными, их напряжение вплотную приблизилось к миллиону вольт! А электрикам все мало: чем выше напряжение, тем выгоднее передача энергии. Но поднимать напряжение выше миллиона вольт бессмысленно: воздух не выдерживает и перестает быть изолятором. Если вместо переменного тока пустить по ЛЭП постоянный, напряжение можно увеличить до полутора миллионов вольт. Вот почему все чаще строятся линии постоянного тока по такой схеме: электростанция вырабатывает ток сравнительно низкого напряжения, его поднимают трансформаторами до миллиона (в будущем до полутора миллионов) вольт, потом ртутные выпрямители превращают его в постоянный, далее ток передается по ЛЭП, а затем с помощью *ртутных преобразователей* превращается снова в переменный. И хотя при таком способе передачи электроэнергии появляются два довольно сложных элемента: выпрямитель и преобразователь,— в целом линия постоянного тока оказывается выгоднее, чем линия переменного тока. Ведь ее мощность гораздо выше, а потери в линии — меньше.

В последнее время вместо ионных приборов все чаще используют *полупроводниковые триоды* и *управляемые диоды*. Хотя каждый полупроводниковый прибор может пропустить ток сравнительно небольшой силы и выдерживает сравнительно небольшое напряжение, из них можно создать мощные и высоковольтные выпрямители. Для этого полупроводники включают параллельно (увеличивается сила проходящего тока) и последовательно (возрастает допустимое напряжение). В результате получаются полупроводниковые выпрямители на ток силой 50 кА и напряжение в сотни киловольт.

Полупроводник, усиливающий свет

«С новым усилителем света вы можете видеть почти в полной темноте на расстоянии до 1200 м. Отличное по четкости изображение не хуже, чем на экране телевизора, обеспечивается даже при свете звезд. Усиление яркости достигает 40 000. Масса усилителей: для дальности наблюдения 400 м — 2,5 кг, для дальности 1200 м — 17 кг». Такая заметка появилась в одном журнале и сразу привлекла внимание всех, кому приходится высматривать что-либо в темноте. Шутка ли, видеть ночью, как днем!

Электронные усилители света появились после того, как были изобретены фотосопротивления и люминофоры — вещества, светящиеся, когда по ним проходит ток. Чем больше сила тока, тем ярче они светятся.

Две пластинки — фотосопротивления и люминофора — сложили вместе и прикрыли с обеих сторон тончайшими, пропускающими свет пленками золота. Потом этот слоеный «пирог» вставили в фотоаппарат вместо пластинки и подключили к нему батарею. Пока сопротивления току обеих пластинок равны, напряжение батареи распределяется между ними поровну. Но вот затвор аппарата открыли, и свет

упал на пластинку фотосопротивления. Там, где оказались более яркие места картины, открывшейся объективу, сопротивление фотосопротивления уменьшилось. И напряжение, которое до того распределялось поровну между фотосопротивлением и электролюминофором, распределилось иначе: на фотосопротивлении оно стало меньше, на люминофоре — больше. Ну, а коль напряжение на люминофоре в каких-то местах стало больше, он там светится сильнее. И на оборотной стороне непрозрачной пластинки возникло светящееся изображение. Каждый попавший на фотосопротивление фотон превращается в 10 фотонов, ушедших к глазу от люминофора. Изображение становится ярче в 10 раз. Но можно ведь поставить последовательно еще одну такую пластинку, за ней еще, еще... И тогда яркость будет в 100, 1000 или даже 10 000 раз сильнее!

Правда, тот усилитель, о котором шла речь в самом начале, устроен немного сложнее, но светящийся электролюминофор и вещество, чувствительное к свету, есть и в нем.

Микроэлектроника — электроника будущего

В любом радиоаппарате десятки и сотни деталей. Любая из них может выйти из строя: сопротивление — сгореть, конденсатор — пробиться, катушка — оборваться. Может отпаяться вывод сопротивления или конденсатора, любой провод, наконец. Когда «кирпичиков», из которых построен аппарат, много, начинается самое страшное: они то и дело портятся и аппаратура не столько работает, сколько находится в ремонте. А вместе с тем радиостанции и локаторы становятся все сложнее. Количество деталей, например, в радиоаппаратуре бомбардировщика достигло 150 тыс. штук.

Специалисты рассудили так: нужно взять несколько деталей и заставить их работать вместе, точно так же, как берут несколько веревок, когда прочности одной недостаточно. Если какая-то деталь и выйдет из строя, другие возьмут на себя ее нагрузку. И надежность такого «коллектива» деталей становится выше, чем надежность одной. Это называется *резервированием*. Так, например, на самолетах резервированы все ответственные системы (см. ст. «Машины нашего неба»).

Трудность в том, однако, что поставить всюду вместо одной детали хотя бы две — это вдвое увеличить массу, размеры аппаратуры, расход энергии для питания. А в самолете, танке, на корабле и без того тесно. Расчеты же показывают, что второй детали, как правило, недостаточно. Нужна третья, а часто и четвертая. Тут уж совсем получается плохо.

Но со временем научились изготовлять детали гораздо меньших размеров, а вместо ламп почти всюду стоят транзисторы. А благодаря тому что детали уменьшились, стали миниатюрными, «похудели» и радиоприемники, вычислительные машины и т. д. Надежность вычислительных и других машин наряду с этим увеличилась неизмеримо.

И все это результат прихода в радиотехнику *тонкопленочных* и *монолитных схем*.

Тонкопленочная схема — это многослойный «пирог» из металлических и полупроводниковых пленок толщиной 0,2—1 мкм. Их напыляют через «маски» — металлические пластинки, в которых электронным лучом заранее вырезаны отверстия нужной формы. Вручную, конечно, изготовлять такие схемы очень трудно. Работа эта поручена автоматам, а управляет автоматами электронная вычислительная машина. В результате в кубике объемом 1 $см^3$ размещается до 200 деталей, включая транзисторы. Но это не предел плотности упаковки (рис. 51).

В монолитных схемах все детали выполнены из одного куска полупроводника, так что в 1 $см^3$ помещается до 1000 деталей. Усилитель мощности в 0,5 Вт (это вдвое выше, чем у «Спидолы»!) занимает объем 20 $мм^3$, а усилитель мощности в несколько сотых ватта оказывается размером со спичечную головку!

Тонкопленочные и монолитные схемы изготовляются на одном основании — вафле, по нескольку сотен штук сразу. Это делает их очень дешевыми: достаточно разрезать вафлю на куски площадью около 2 $мм^2$ — и сотни усилителей готовы.

Но ведь можно и не резать вафлю, а объединить все созданные на ней схемы в достаточно сложное устройство! Особенно годится такой принцип при создании вычислительных машин, в которых практически всюду можно применять схемы одного и того же типа. Надежность такой *функциональной схемы* (на площади 4×4 мм в ней 750 транзисторов) оказывается исключительно высокой. Соответственно надежной становится и вычислительная машина.

Впрочем, нет никакого сомнения, что и это не предел плотности упаковки и надежности. Через 5—10 лет мы услышим о новых больших достижениях в этой области.

Техника космоса

Человек и космос

Выход человека в космос — важный поворот в истории развития человеческого общества. Он расширяет сферу разума, сферу взаимодействия природы и общества. Несомненно, что в будущем человек еще больше освоит космическое пространство, включая все небесные тела Солнечной системы. Сбудется предсказание великого К. Э. Циолковского — космос принесет людям «горы хлеба и бездну могущества».

Выход человека в космос изменил наши традиционные представления о взаимоотношениях природы и общества. Космонавтика самым непосредственным образом влияет на дела земные и уже сегодня помогает людям различных специальностей в их труде.

Впервые в мире в СССР создана обитаемая орбитальная научная станция «Салют». Отработано надежное транспортное средство для доставки экипажей, научного оборудования, систем, обеспечивающих жизнедеятельность человека. Возможность выполнять на станции профилактические и ремонтные работы позволяет надеяться, что человек сможет находиться на ней достаточно длительно. Это знаменует новый качественный этап в *освоении космоса человеком.*

Одна из основных задач космонавтики ближайшего будущего — это исследование космического пространства и нашей планеты; но самая важная и самая сложная задача — выполнение прикладных работ в интересах многих отраслей народного хозяйства, и прежде всего работ по исследованию природных ресурсов Земли и метеорологии.

Человек осваивает космос. И закономерное следствие общего прогресса космонавтики и вместе с тем непременное условие подлинного освоения космоса — увеличение продолжительности пилотируемых космических полетов. Естественно, основное средство освоения околоземного космического пространства — долговременная обитаемая орбитальная станция.

Характерная черта современного социалистического общества — стремление максимально использовать науку для ускоренного развития производительных сил общества, необходимых для удовлетворения материальных и духовных потребностей человека. Генеральная линия советской программы космических исследований — это *использование достижений космонавтики для нужд народного хозяйства, для научно-технического прогресса.* Создание производительных сил общества в космосе — основная черта нынешнего этапа освоения космоса человеком, основная задача долговременных орбитальных пилотируемых станций.

Что дадут людям Земли долговременные обитаемые орбитальные станции? Какие работы прикладн-

ного характера могут выполнять экипажи космонавтов, находясь на борту станции?

Сейчас можно четко определить два направления таких работ. Во-первых, *визуальный обзор лица планеты,* в особенности неожиданно возникающих и быстро протекающих на ней процессов. Во-вторых, *исследование и изучение природных ресурсов Земли.*

Наблюдения и фотографирование атмосферы помогают изучать структуру облаков, составлять прогнозы погоды, своевременно обнаруживать бури, штормы, циклоны.

Не меньшее значение имеет использование таких станций для предупреждения катастрофических засух и наводнений. Космонавты помогают гидрологам изучать открытые и замкнутые водоемы, границы залегания и мощности снежного покрова в горах, колебания водного режима рек, а также составлять прогнозы маловодных и многоводных периодов. Такие прогнозы необходимы для строительства гидротехнических сооружений и их правильной эксплуатации, для предупреждения наводнений. Космонавты помогают гидрологам и уточнять карты гидрологических течений — переноса по поверхности Мирового океана водных масс. Эти карты необходимы для того, чтобы суда могли обойти мощные течения и сэкономить при этом время и топливо. Работы в космосе помогут гидрологам составить и карты термических зон и течений, в которых заинтересован рыболовный флот. Эти карты в будущем существенно сократят материальные затраты и время на поиски районов, пригодных для рыбного промысла.

Космическое фотографирование важно для поиска полезных ископаемых, для изучения характера и интенсивности современных тектонических и физико-геологических процессов, для уточнения карт обширных и труднодоступных территорий Африки, Азии и горных массивов Антарктиды. Эти исследования помогают геологам выяснять закономерности образования геологических структур, определяющих распространение полезных ископаемых.

С борта орбитальной станции географы могут изучать состояние различных видов природных образований Земли, поверхности суши, рельефа дна Мирового океана и в конечном счете смогут решить проблему происхождения материков. Современные географические карты на несколько лет отстают от реальной картины Земли. Космонавтика поможет существенно сократить этот разрыв. По космической фотографии можно также оценить состояние водных, лесных и земельных ресурсов отдельных географических районов Земли.

Широкие перспективы открывает космонавтика перед сельским хозяйством. Наблюдения из космоса полей одновременно в различных климатических поясах и анализ эрозийности почв позволяют правильно использовать новые земли, размещать посевы и посадки на наиболее благоприятных по почвенным условиям и водоснабжению землях. Предотвращение эрозии почвы и катастрофических разрушений ее при пыльных бурях, прогнозирование урожаев, повышение эффективности использования новых земель — вот возможные результаты космических методов землеведения.

С борта космического корабля можно будет передавать информацию о возникновении очагов пожаров.

Развитие космонавтики создает прекрасную экспериментальную базу для решения фундаментальных задач науки и техники. Выполнение в космосе ряда технических, астрофизических и медико-биологических экспериментов вызвало целый комплекс научных открытий, принесло бесценную информацию о законах и явлениях природы. Разве мыслима современная физика без быстрых протонов и электронов, без глубочайшего вакуума, температур, близких к абсолютному нулю, без плазмы? Но ведь все это в естественном виде можно встретить только в космосе. Моделировать космические процессы на Земле можно, но эта возможность ограничена прежде всего самими условиями Земли. Поэтому, чтобы ускорить темпы развития науки и техники, необходимо выйти в космос и изучать условия и процессы, происходящие там.

Космические исследования уже привели ко многим научным открытиям, существенно изменившим наши представления о космосе и о Земле. Космонавтика сделала объектами непосредственного изучения радиационные пояса, верхнюю атмосферу и магнитосферу Земли, межпланетный газ, околосолнечное пространство, Солнце, Луну, Венеру, Марс, звезды нашей Галактики, другие планеты Солнечной системы, туманности и т. д. Появились новые разделы науки: космическая физика, космическая химия, селенология, планетология, космическая геодезия, космическая метеорология, космическая биология и медицина и др. Освоение космоса способствует также развитию разных видов техники: криогенной (использующей сверхнизкие температуры), вакуумной, радиационной, высоких температур и давлений и др.

Научные открытия, сделанные в процессе освоения космоса, широко внедряются во многие отрасли производства. Уже несколько тысяч видов земной продукции обязаны своим существованием исследованиям внеземного пространства, разработкам ракет и космических аппаратов. Освоение космоса содейст-

вует автоматизации производства, микроминиатюризации, повышению надежности и высокой точности изделий. Появились генераторы энергии, которые при очень небольшом весе и высокой надежности обладают большими запасами энергии. Это радиоизотопные генераторы, атомные и солнечные батареи, топливные элементы, которые с успехом используются на Земле, например в районах пустынь. Появились новые материалы, в частности прозрачные, имеющие прочность стали, или так называемые композитные (составные), которые легче и прочнее алюминия, десятки видов сверхчистых металлов и сплавов, теплозащитных материалов, предназначенных для работы при высокой температуре, высокопрочные пластинки и т. п.

Коренные изменения произошли также в сфере автоматического управления и организации производства. Опыт, приобретенный в организации космических программ, оказывается ценным и в решении проблем управления другими «большими системами» чисто земного характера. Таким образом, планомерное освоение космоса содействует развитию производительных сил, решению кардинальных проблем науки и народного хозяйства страны новыми средствами.

Советская космическая программа предусматривает изучение космоса и автоматическими средствами, и с помощью пилотируемых космических кораблей. Выбор и осуществление того или иного космического проекта диктуются тем, какой вклад он вносит в решение коренных научных и народнохозяйственных проблем. В советской программе развития космических исследований на автоматические аппараты возложена исследовательская задача — изучение околоземного космического пространства, Луны, планет. Например, космические автоматы серии «Зонд», «Космос», «Венера», «Марс» успешно решают важные научные задачи. Не посылая своих представителей за пределы планеты, человечество при помощи технических средств получает из космоса очень ценную информацию о Земле и космических объектах. Кроме того, полеты автоматических «космонавтов» дешевле пилотируемых, размеры и вес автоматов могут быть меньше, чем пилотируемых кораблей, уже не говоря о том, что при таких полетах полностью исключен риск для жизни человека. Преимущества автоматов несомненны, особенно в исследовании планет Солнечной системы; по крайней мере в ближайшее время автоматы останутся вне конкуренции.

Следует отметить, что автоматические космические аппараты, помогающие решать различные чисто научные вопросы, создают базу для серийных космических автоматов прикладного назначения: метеорологических спутников «Метеор», спутников связи «Молния-1» и «Молния-2», навигационных спутников, спутников для исследования природных ресурсов Земли и т. п. Эти автоматы уже многие годы служат человеку. Ныне почти 30 миллионов жителей Дальнего Востока, Сибири, Крайнего Севера и Средней Азии пользуются средствами космической дальней связи — смотрят программы Центрального телевидения, ретранслируемые через спутники «Молния-1» и сеть наземных станций «Орбита». Метеорологические спутники системы «Метеор» помогают делать точные прогнозы погоды на несколько дней вперед, что так важно для сельского хозяйства, транспорта, строительства и т. д.

Создание и запуск автоматических аппаратов помогают также решать сложные технические вопросы и отрабатывать системы для пилотируемых кораблей. А использование автоматики на пилотируемых кораблях, в свою очередь, обеспечивает прогресс автоматических аппаратов исследовательского и прикладного назначения.

Человек выходит в космос на пилотируемых космических кораблях. После того как автоматы проложат ему дорогу, он решает более сложную и более важную задачу — задачу освоения космоса. Космический корабль не просто транспортное средство, это лаборатория в космосе, и космонавт на ее борту должен выполнять обширную программу по исследованию космического пространства. Космонавт в полете должен быть максимально освобожден от обязанностей по управлению кораблем и большую часть времени проводить научные эксперименты и исследования. Поэтому управление космическим кораблем поручено различным автоматическим системам. Это верно и с точки зрения безопасности первых испытательных полетов нового космического корабля.

При испытании пилотируемых космических кораблей существует незыблемое правило: вначале запускают несколько его беспилотных аналогов. Это увеличивает безопасность полета космонавтов и в то же время в полной мере обеспечивает прогресс автоматических космических аппаратов разных классов.

Сложность космического корабля определяется сложностью задания, которое должны выполнять космонавты в полете, а также тем, насколько надежны все системы корабля.

Современный космический корабль — это сложнейшее кибернетическое устройство. Управляя кораблем при выполнении различных операций (ориентация корабля, маневр, стыковка и т. д.), космонавт выдает системам корабля несколько сотен команд. Корабль оснащен уникальным научным оборудованием, име-

ет сложнейшие следящие системы и пульты управления. Поэтому управление космическим кораблем и научным оборудованием требует от космонавтов высокой технической культуры и научных знаний.

К профессии космонавта предъявляют два основных требования.

Первое: космонавт должен быть испытателем. Он обязан в полете контролировать и проводить испытания самого корабля и его бортовых систем — это необходимо для развития космической техники. Космонавт должен участвовать в создании космического корабля на всех этапах, начиная с проектирования, конструкторской разработки и кончая наземными испытаниями корабля и его систем. Конечно, это требует от него всесторонних технических знаний и проектно-испытательского опыта.

И второе: космонавт должен быть исследователем. Он должен уметь получить и передать на Землю ценную научную информацию об окружающем космическом пространстве, атмосфере и поверхности Земли. А для этого ему необходимы обширные знания в различных областях науки и техники, знание новейших проблем, стоящих перед учеными и инженерами.

Подготовка космонавтов к космическому полету требует очень большой работы на Земле. Космонавты проводят много времени в конструкторских бюро, научно-исследовательских институтах, лабораториях, обсерваториях. Они вместе с учеными и инженерами создают методики выполнения экспериментов в космосе. Иногда они участвуют в создании научной аппаратуры, испытывают ее на Земле. Космический полет осуществляется только тогда, когда самым тщательным образом подготовлена его испытательная и исследовательская программа. Космонавт идет в полет полностью подготовленный к выполнению сложной программы научных исследований и экспериментов.

Несомненно также, что космонавт должен иметь безукоризненное здоровье и высокие моральные и волевые качества, так как и подготовка к полету на Земле, и сам космический полет требуют напряжения всех его физических и моральных сил.

Космонавт в полете испытывает и самого себя, и свой организм. Без инженерного опыта, без научных знаний, без всесторонней физической, психологической и моральной подготовки, без высокой культуры невозможно совершить космический полет.

Сегодня профессия космонавта, пожалуй, самая молодая и самая редкая, но ей принадлежит будущее. Родоначальник этой профессии космонавт Юрий Гагарин — наш современник. Его подвиг навсегда останется в делах и памяти людей планеты Земля. И те пути, которые уже прокладываются и будут проложены в просторы Вселенной, станут памятником этому смелому и доброму Человеку — сыну голубой планеты. Идеалы коммунизма вели его в тот первый полет, они вели его служить Человечеству. Он говорил: «Главная сила в человеке — это сила духа, ею питает нас Партия...»

Космическая техника за первое десятилетие продвинулась гораздо дальше, чем предполагали виднейшие ученые и специалисты разных стран мира. В начале второго десятилетия человек ступил на Луну. Несомненно, последующее десятилетие будет ознаменовано новыми достижениями человечества в исследовании Вселенной на благо нашей Земли. Развитие космонавтики требует постоянной и длительной работы человека в космосе, требует решения задач прикладного характера, а это, в свою очередь, способствует развитию различных отраслей народного хозяйства на благо человека.

Понятно, что ни одно государство не сможет в одиночку реализовать все важные для человечества проекты познания и преобразования окружающих нас миров. Необходимо организовать и объединить усилия и средства человечества, достичь нового уровня международных отношений и связей. Только при решении этих проблем современное общество сможет выполнить завет К. Э. Циолковского, сможет «приготовить человечеству великое будущее и соединить его с покорением космоса».

«Мощной ракетой-носителем выведен...»

«Мощной ракетой-носителем выведен...» Эти слова часто встречаются в сообщениях ТАСС о начале новых космических рейсов. Торопливо скользя глазами по газетным строчкам, ищем мы главное — с каким заданием отправились в космос посланцы Земли. И почти не обращаем внимания на ставшую дежурной фразу о *ракете-носителе*. А ведь за этими примелькавшимися словами скрыто очень много.

Много спутников различных специальностей одновременно совершают полет вокруг Земли. К плане-

там Солнечной системы и в глубины космоса летят автоматические аппараты. Они вырваны из власти земного тяготения той же силой — *ракетой*.

Рассказ о космическом транспорте, о ракете-носителе мы начнем со знакомства с ее сердцем — могучим двигателем. Принцип действия его несложен. Сила тяги *ракетного двигателя* создается выбрасыванием из него газов, выделяющихся при сгорании топлива. Чем больше газа выбрасывается в единицу времени, тем больше *реактивная сила* — сила тяги двигателя. Регулировать силу тяги можно, изменяя массу газов, покидающих ракету в единицу времени, или регулируя скорость истечения газовой струи.

Ракетное топливо бывает жидким и твердым. По этому признаку делятся на две основные группы и ракетные двигатели. Однако все корабли с космонавтами и почти все автоматические аппараты выведены на космические трассы ракетами с *жидкостными двигателями*. Почему же столь явное предпочтение отдается жидкому топливу? Об этом мы поговорим позже, а пока разберемся в устройстве жидкостного ракетного двигателя.

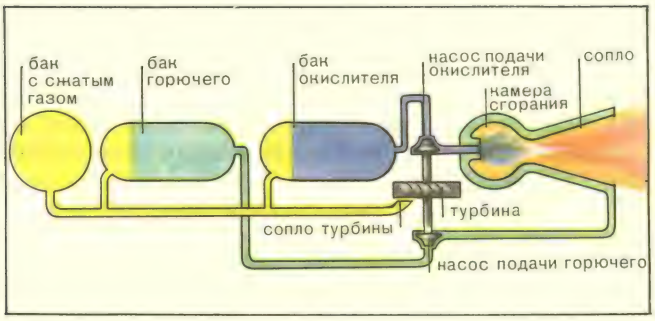
Тягу создают продукты сгорания топлива. *Камера сгорания* — основная часть ракетного двигателя. Для создания большой силы тяги нужно не просто горение, а мощная и сравнительно продолжительная вспышка, как бы затянувшийся взрыв. Наверное, все видели, как спокойное пламя лучинки в струе кислорода вспыхивает ослепительным бенгальским огнем. Этот школьный опыт делает понятным обязательное соседство в ракетном двигателе двух баков — *горючего* и *окислителя*. Чаще других окислителями служат жидкий кислород, четырехокись азота или перекись водорода, а горючим — продукты перегонки нефти, водород, его соединения и другие жидкости.

Горючее и окислитель подаются в камеру сгорания *центробежными насосами*. Сами насосы приводятся в действие газовой турбиной. Газ для нее вырабатывается в специальном *газогенераторе* из разлагающихся или сгорающих в нем химических веществ, иногда тех же: горючего или окислителя.

Раскаленные газы из камеры сгорания двигателя выбрасываются наружу через *реактивное сопло*. Стенки камеры и сопла двойные. Полость между ними во время работы двигателя омывается горючим. Такая *охлаждающая рубашка* спасает эти части установки от расплавления.

Однако первым был создан *двигатель на твердом топливе*. Во время Великой Отечественной войны прославились огненные многозарядные минометы — легендарные «катюши». Их реактивные снаряды были оснащены твердотопливными ракетными двигателями. Такой двигатель — прямой потомок давно известных пороховых ракет — очень прост по конструкции. Топливо — специальный бездымный ракетный порох — находится здесь непосредственно в камере сгорания. Камера с реактивным соплом — вот и все устройство. И все же, несмотря на свою простоту, ракетные двигатели с твердым топливом пока применяются в космонавтике не столь широко, как двигатели на химическом жидком топливе. Иногда их используют в качестве вспомогательных стартовых установок на первых ступенях мощных ракет-носителей. При достаточно солидных размерах двигатели с твердым топливом могут создать большую тягу, но действуют они слишком кратковременно. Затруднительно изменять силу их тяги: порох горит быстро. Выключить такой двигатель почти так же сложно, как погасить вспышку пороха в артиллерийском снаряде. Конструкторы пока еще не научились достаточно хорошо управлять его работой.

Схема жидкостного ракетного двигателя с насосной подачей топлива.



Предложенные К. Э. Циолковским жидкостные двигатели лишены этих недостатков, хотя они и дороже пороховых. Вот почему спор между двумя типами ракетных двигателей и был решен в их пользу.

Только мощные двигатели могут сообщить огромным ракетам космические скорости. Такие могучие двигатели устанавливались на первых ступенях советских ракет-носителей «Восток», «Протон», «Космос», а также на ряде американских: «Атлас», «Титан», «Сатурн» и др.

В космической технике рядом с крупными силовыми установками, выводящими ракеты в космос, широко используются *управляющие двигатели малой тяги*. Они выглядят уменьшенной копией мощных двигателей. Но, сохраняя принцип действия старших собратьев, управляющие двигатели имеют и свои особенности: у них менее сложная система подачи топлива; горючее и окислитель не перекачиваются насосами, а вытесняются из баков сжатым инертным газом; несколько камер сгорания могут получать топливо из одних и тех же баков.

Существуют и совсем крохотные ракетные двигатели. Некоторые из них вполне могут уместиться на

ладони. Соответственно и сила тяги таких *микродвигателей* очень мала. Но и этой силы бывает достаточно, чтобы развернуть искусственный спутник Земли или удерживать его в нужном положении.

Конструкторы создали также *индивидуальные ракетные двигатели* — двигатели малой тяги, служащие для передвижения и маневрирования космонавта в свободном полете вне кабины. Такой двигатель может быть ручным или укрепленным на скафандре.

Тяга наиболее простых микродвигателей создается струей сжатого газа. Металлические баллоны заряжают сильно сжатым газом (азотом или воздухом). Высокое давление позволяет в небольшом объеме иметь запас газа, достаточный для продолжительной работы установки. В трубку, соединяющую баллон с реактивным соплом, встроены *газовый редуктор* и *электромагнитный клапан*. Редуктор снижает давление для создания более равномерной и постоянной тяги, а клапан открывает доступ газа к соплу. Двигатель включается практически мгновенно — достаточно лишь открыть клапан. Это очень удобно при управлении космическими аппаратами. Ведь любая задержка в исполнении маневра при космических скоростях приводит к значительным отклонениям аппарата от нужного положения.

Чтобы высокое давление газа не разорвало баллон, его стенки приходится делать толстыми. Получается прочный, но массивный сосуд. А лишний вес для космической техники пока еще враг номер один.

Некоторые вещества, например известный всем нафталин или соли аммония, при нагревании сразу переходят из твердого состояния в газообразное, минуя стадию жидкости. Этот процесс называется *возгонкой* или *сублимацией*. Сейчас уже созданы микродвигатели на «твердом газе». Кристаллическое «горючее» хранится в тонкостенных резервуарах, а для превращения его в газ достаточно тепла, выделяемого работающей бортовой аппаратурой, или коротких импульсов электрического тока. Однако, значительно выиграв в массе, изобретатели проиграли в быстродействии. Для включения микродвигателя на сублимирующем топливе требуется гораздо больше времени, чем для запуска обычных газовых двигателей.

Разнообразие двигателей малой тяги предоставляет конструктору свободу выбора. Размещая на одном космическом аппарате управляющие установки разных типов, можно компенсировать недостатки одних двигателей достоинствами других. Такое сочетание позволяет создавать совершенные системы управления космическими объектами.

Миниатюрные сопла двигателей малой тяги можно увидеть почти на любом искусственном спутнике

С помощью такого жидкостного ракетного двигателя на орбиту был выведен первый искусственный спутник Земли.

Внизу: турбонасосный агрегат (турбина и насосы).

Существуют и такие совсем крохотные ракетные двигатели.

Земли. Достичь Луны, Венеры, Марса помогли автоматическим станциям двигатели-лилипуты. С их помощью управляли своими космическими кораблями космонавты «Союзов» и «Аполлонов». Разнообразное маневрирование в космосе, управление посадкой на Землю и другие планеты Солнечной системы — такова сфера деятельности малых двигательных установок.

Большое будущее принадлежит принципиально новому виду ракетных двигателей — *электрическому*. Мы уже говорили, что сила тяги ракетного двигателя зависит от скорости истечения газовой струи. Так вот, у электроракетных двигателей газ покидает сопло с огромной скоростью, недоступной для установок с использованием химической энергии топлива. Это большое преимущество. Однако они требуют большого количества электроэнергии, а установить на ракете мощную и, следовательно, тяжелую электростанцию пока еще невозможно. И все же первые экспериментальные образцы электроракетных двигателей уже побывали в космосе.

Знакомство с ракетой мы начали с ее сердца — с двигателя. Но в ракете-носителе есть еще много не менее важных узлов и агрегатов. Расскажем о важнейших из них.

Как любой летательный аппарат, ракета должна быть чрезвычайно легкой, но в то же время прочной. А это очень трудно совместить. Но создателям ракет удалось примирить, казалось бы, непримиримое. Например, они заставили огромные *топливные баки* служить корпусом ракеты и, таким образом, выиграли в весе, создали новые легкие сплавы повышенной прочности.

Ни один вид транспорта не обходится без рулевого управления. Есть *рулевые устройства* и на ракете. На первых ракетах это были поворотные пластины, устанавливаемые на пути газов при выходе их из сопла. Встречаясь с плоскостями рулей, газовый поток отклонялся в сторону, и ракета поворачивалась. Однако раскаленная струя газов — малоподходящая среда для работы даже тугоплавких металлов. Поэтому у одних современных ракет главные двигатели могут сами поворачиваться на заданный угол с помощью универсальных шарниров *(карданов)*, а у других — устанавливаются специальные *поворотные рулевые ракетные двигатели*. Рулевых двигателей на одной ракете может быть несколько, и они бывают *неподвижными*. В этом случае при маневре двигатели включаются в определенной последовательности.

Все ракеты-носители состоят из двух или трех ракет, называемых *ракетными ступенями*. К. Э. Циолковский называл такие ракеты «ракетными поездами».

Ступени составной ракеты работают последовательно. Сначала первая ступень «везет» весь «поезд». Когда израсходуется все топливо первой ступени, она отделяется от ракеты и падает на Землю, затем включаются двигатели второй ступени. Они продолжают разгон оставшихся частей ракеты. Затем отбрасывается и вторая ступень. Эстафета передается третьей. Эта ступень (если ракета трехступенчатая) несет уже *полезный груз* — автоматическую станцию или космический корабль,— и только она достигает нужной космической скорости.

На последней ступени размещается обычно и *приборный отсек*. В нем установлены приборы *системы управления* ракетой Отсюда поступают команды на включение и выключение двигателей, на разделение ступеней, на изменение направления полета, на сброс *головного обтекателя*.

Обтекаемая форма совершенно необходима ракете-носителю. Она уменьшает сопротивление воздуха, предохраняет от аэродинамического нагрева, уменьшает, наконец, расход топлива. Поэтому каждая ракета имеет *обтекатель* — часть, которая защищает космический аппарат или корабль от трения о воздух и нагревания на участке выведения.

Если ракета несет космический корабль с космонавтами, на ее вершине устанавливается еще одна небольшая ракета. Она предназначена для аварийного спасения экипажа. В случае аварии на старте или на начальном участке полета она унесет кабину с космонавтами на безопасное расстояние.

Говоря о создании ракет, не следует забывать, что производством космической техники занято огромное количество научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и заводов. Практически

нет ни одной отрасли народного хозяйства, передовые достижения которой не использовались бы в космонавтике. Труд лучших специалистов самых разных профессий вложен в ракету или космический корабль. Именно поэтому достижения страны в освоении космического пространства связывают с уровнем развития всей экономики государства.

В этой статье мы познакомились с устройством космического транспорта. Теперь наш путь — на *космодром.*

От космодрома до космоса

Новые самолеты сами летят к месту своей постоянной работы. От верфи до порта приписки новые морские корабли идут своим ходом. А ракета на всем пути от завода-изготовителя до места запуска — пассажир. Причем часто обычные железнодорожные вагоны, самолеты не устраивают капризную путешественницу: они для нее слишком малы. Даже для отдельных ракетных ступеней приходится переоборудовать корабли, баржи и вагоны или создавать самолеты с неестественно раздутыми фюзеляжами. Может быть, скоро перевозками ракет займутся дирижабли. А может быть, незаправленные ракеты будут буксироваться по воде, как обыкновенные баржи.

И вот ступени ракеты-носителя доставлены на космодром. Отсюда «ракетный поезд» отправится в космос. Окинем взглядом панораму космического порта. Первым наше внимание привлечет большое здание *монтажно-испытательного корпуса* — МИКа. Здесь производятся сборка и испытания ракеты. Сборка бывает *вертикальная* и *горизонтальная.* Оба способа имеют свои преимущества и недостатки. Когда ракета лежит, она доступнее для обслуживающего персонала: ступени для стыковки просто подвозятся на тележках. Удобно и везти ракету к месту старта. Зато там собранную ракету приходится поднимать в вертикальное положение.

При вертикальной сборке — свои трудности. Каждую последующую ступень приходится поднимать выше предыдущей. Посчитайте, какой должна быть высота сборочного корпуса, если длина некоторых современных ракет превышает 100 м. Перевозка вертикально стоящей ракеты к стартовой позиции тоже довольно сложна. При этом необходимо учитывать даже погоду: сильные порывы ветра опасны для такой неустойчивой конструкции. Поэтому существуют устройства и приспособления, надежно удерживающие ракету на пусковой системе во время подготовки к старту. Это так называемые *ветровые* и *штормовые крепления*: ветровые захваты, стяжки и т. п.

В нашем монтажно-испытательном корпусе принята горизонтальная сборка. Кроме мостовых кранов и рельсовых тележек для сборки ракеты в залах МИКа много контрольно-проверочной аппаратуры. Здесь вновь испытывают все узлы и агрегаты ракетных ступеней. Ведь при перевозке могли возникнуть какие-то неисправности. Только на полностью собранной ракете можно проверить работу систем, ведающих взаимодействием отдельных ступеней в полете. Сотни электронных приборов выслушивают ракету, самописцы регистрируют ее «самочувствие».

А в соседнем помещении столь же тщательную проверку проходит *космический корабль.* Лишь безупречная работа всех его бортовых систем даст ему право на встречу с ракетой-носителем. Наконец, все специалисты удовлетворены. Корабль пристыковывается к ракете и закрывается створками головного обтекателя. Испытатели разрешают ракете с кораблем покинуть монтажно-испытательный корпус.

Медленно передвигается по космодрому железнодорожный *транспортер-установщик.* Ракета-носитель лежит на подъемной стреле — металлической конструкции, укрепленной шарнирами на платформе транспортера. Поезд движется к *стартовой площадке* космодрома.

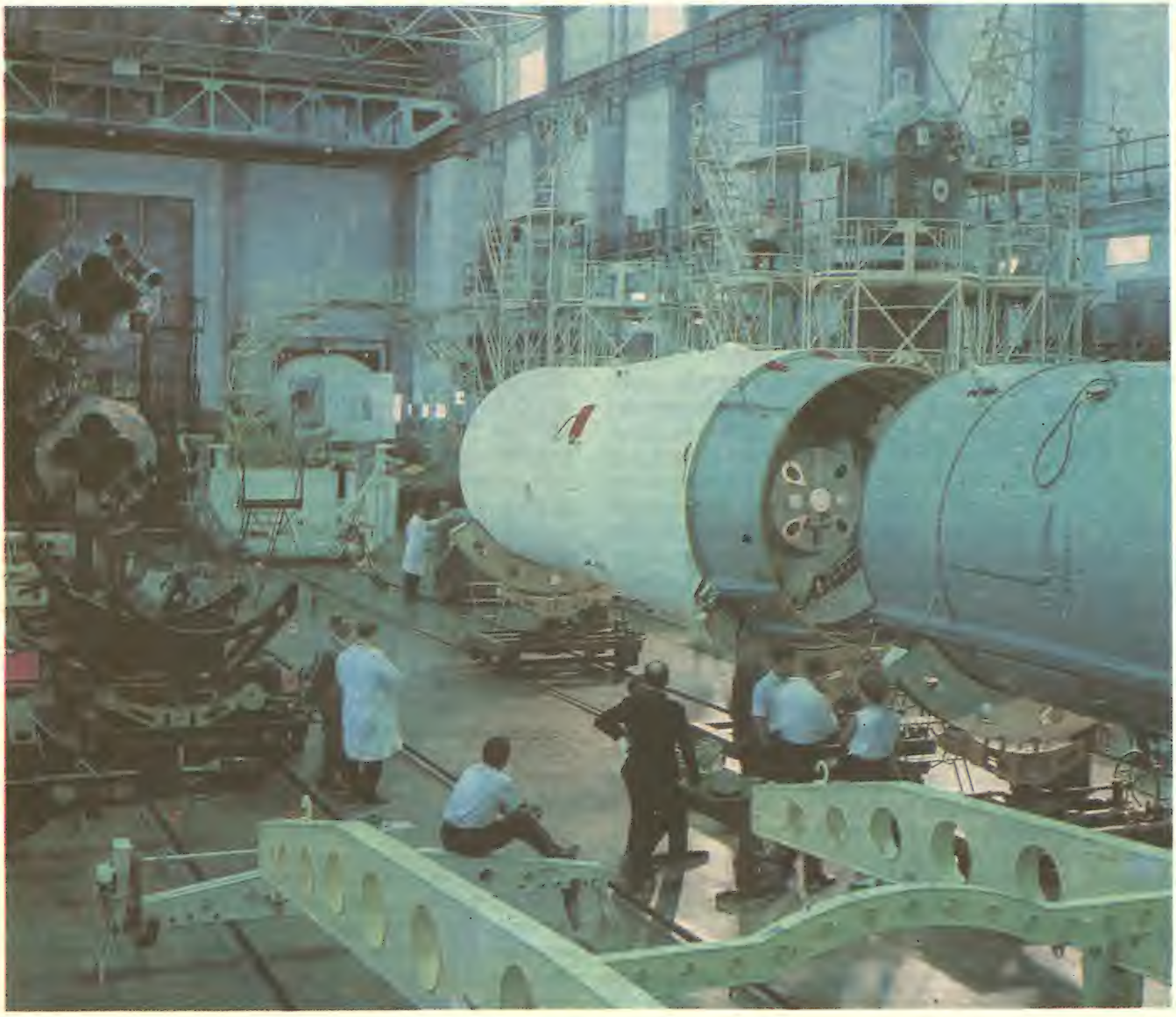
Транспортер останавливается около массивного железобетонного сооружения. Эта серая каменная громада чем-то напоминает плотину. Да, здесь тоже укрощается стихия — бешеный напор огненного вихря. Перед нами *стартовый комплекс.* Теперь ракету-носитель нужно установить в вертикальное — рабочее положение.

Пущены в ход *гидравлические домкраты* транспортера. Стрела вместе с лежащей на ней ракетой отрывается от платформы и начинает медленно подниматься. Проходит немного времени, и ракета мягко опускается на верхнюю часть стартового комплекса — *пусковой стол.*

Рядом поднимаются высокие металлические фермы. Это *кабель-заправочная башня* и *башни обслуживания.* Башни подходят вплотную к ракете и со всех сторон охватывают ее площадками, выступающими на разной высоте. На каждую площадку мож-

Сборка ракеты в монтажно-испытательном корпусе.

Внизу: транспортер-установщик доставит ракету к месту старта.



но выйти из башенного лифта. Удобный доступ ко всем участкам ракеты обеспечен.

От кабель-заправочной башни к люкам ракеты протягиваются толстые жгуты электрических кабелей. На борту есть свои источники электроэнергии, но они будут нужны в полете. А пока можно начинать последние предстартовые проверки и испытания ракетных систем, пользуясь энергией электростанции космодрома.

Эти работы скоро заканчиваются, все системы настроены и работают безотказно. Теперь наступает на-

Ракету установили на стартовом сооружении — пусковом столе.

пряженная пора для специалистов по заправке ракеты топливом. Из подземных хранилищ насосные станции перекачивают сотни тонн горючего и жидкого кислорода в баки ракеты. Жидкий кислород испаряется, ракета окутана облаками пара, она «дымит». Запасы окислителя приходится постоянно пополнять.

До старта остается несколько часов. Подъезжают космонавты. Короткое прощание, и пилоты занимают свои рабочие места в космическом корабле. Начинаются завершающие проверки, теперь уже с участием космонавтов. До старта менее двух часов. Отсек экипажа герметично закрывается. Теперь корабль связывает с Землей только радио.

Космические расписания значительно точнее земных. Если отправление поездов или самолетов на вокзалах и в аэропортах выдерживают с точностью до 1 мин, то на космодроме властвует стрелка секундомера. Поэтому так важно строго соблюдать график работ, вести их в заранее определенном ритме.

Все пункты космодрома оснащены специальными точными часами, образующими *систему единого*

времени. Ее сигналы позволяют синхронизировать работу различных систем и служб стартового комплекса и всего космодрома, фиксировать точное время начала и конца работы многочисленных приборов, устройств, механизмов в период предстартовой подготовки, пуска и полета ракеты-носителя.

Закончились предстартовые работы. Уходят в укрытие последние представители стартовой команды. Объявляется пятиминутная готовность. Сейчас в командном пункте — бетонном бункере, куполом выступающем из-под земли, сосредоточено все управление ракетой-носителем и космическим кораблем. На экранах телевизоров видны спокойные лица космонавтов. С ними постоянно поддерживается радиосвязь. Руководители полета задают последние вопросы. Из громкоговорителей звучат четкие ответы членов экипажа.

До старта считанные секунды. От ракеты отводятся башни обслуживания и кабель-заправочная башня. Старт! Все заглушает могучий рев двигателей. Из-под ракеты вырывается бушующее пламя. Кажется, что огненный ураган охватил все вокруг. Но зрительное впечатление обманчиво: *газоотводные каналы* направляют раскаленные газы строго в определенную сторону, подальше от стартовых сооружений и ракеты.

Вот двигатели набрали полную мощность, сила тяги их превысила вес ракеты. Освобожденная от поддерживающих захватов, ракета дрогнула, медленно, как-то нехотя оторвалась от стола, а потом рванулась вверх в небо.

Все выше и выше уходит ракета. Связь космодрома с нею не прерывается. Следят за ракетой в окуляры оптических приборов. И не просто следят, но и фиксируют параметры ее движения на фото- и кинопленку. По этим снимкам будут судить, как начался полет ракеты, уточнять ее траекторию. «Глаза» космодрома видят и ночью. *Инфракрасная аппаратура* улавливает тепловое излучение ракеты.

Одновременно с объективами оптических приборов поворачиваются и антенны *радиолокационных станций.* На их экранах ракета выглядит движущейся светящейся точкой. Настроены на волну космического корабля и все *радиостанции* космодрома.

Для вывода корабля на околоземную орбиту ракета-носитель должна поднять его на определенную высоту и разогнать до первой космической скорости (см. т. 2 ДЭ, ст. «Законы движения искусственных небесных тел»). При этом нужно изменять направление движения ракеты. После участка вертикального подъема система управления должна разворачивать ракету, постепенно уменьшая угол между направлением ее движения и горизонтом.

...Падают на Землю блоки первой ступени. Двигатели второй ступени продолжают разгон ракеты. Пройдены плотные слои атмосферы. Разреженный воздух уже не опасен космическому кораблю. Раскрываются и сбрасываются створки головного обтекателя. Одновременно с ними уходит в сторону ненужный уже двигатель системы аварийного спасения космонавтов.

Космический корабль выведен на орбиту.

На орбите космический корабль

Совсем небольшой срок отделяет нас от 12 апреля 1961 г., когда легендарный «Восток» Юрия Гагарина штурмовал космос, а там уже побывали десятки космических кораблей. Все они, уже летавшие или только рождающиеся на листах ватмана, во многом похожи друг на друга. Это позволяет нам говорить о космическом корабле вообще, как мы говорим просто об автомобиле или самолете, не имея в виду определенную марку машины.

И автомобиль и самолет не могут обойтись без двигателя, кабины водителя, приборов управления. Аналогичные части есть и у космического корабля.

Посылая человека в космос, конструкторы заботятся о его благополучном возвращении. Спуск корабля на Землю начинается с уменьшения его скорости. Роль космического тормоза выполняет *корректирующая тормозная двигательная установка.* Она же служит и для проведения маневров на орбите. В *приборном отсеке* размещаются источники электроэнергии, радиоаппаратура, приборы системы управления и другое оборудование. Путь с орбиты на Землю космонавты проделывают в *спускаемом аппарате,* или, как его иногда называют, *отсеке экипажа.*

Кроме «обязательных» частей у космических кораблей появляются новые агрегаты и целые отсеки, растут их размеры и массы. Так, у космического корабля «Союз» появилась вторая «комната» — *орбитальный отсек.* Здесь космонавты во время многодневных полетов отдыхают и ставят научные экспе-

рименты. Для стыковки в космосе корабли оборудуются специальными *стыковочными узлами*. Американский корабль «Аполлон» несет *лунный модуль* — отсек для посадки космонавтов на Луну и возвращения их обратно.

С устройством космического корабля мы познакомимся на примере советского корабля «Союз», пришедшего на смену «Востоку» и «Восходу». На «Союзах» были произведены маневрирование и ручная стыковка в космосе, создана первая в мире экспериментальная космическая станция, осуществлен переход двух космонавтов из корабля в корабль. На этих кораблях отрабатывалась также система управляемого спуска с орбиты и многое другое.

В *приборно-агрегатном отсеке* «Союза» размещаются *корректирующая тормозная двигательная установка*, состоящая из двух двигателей (если один двигатель откажет, то включается второй), и приборы, обеспечивающие полет по орбите. Снаружи отсека установлены *панели солнечных батарей*, антенны и радиатор системы *терморегулирования*.

В спускаемом аппарате установлены кресла. В них находятся космонавты при выводе корабля на орбиту, маневрировании в космосе и при спуске на Землю. Перед космонавтами пульт управления космическим кораблем. В спускаемом аппарате размещены и системы управления спуском, и системы радиосвязи, жизнеобеспечения, парашютные и др. На корпусе отсека установлены *двигатели управления спуском* и *двигатели мягкой посадки*.

Круглый люк ведет из спускаемого аппарата в самый просторный отсек корабля — *орбитальный*. В нем оборудованы рабочие места космонавтов и места для их отдыха. Здесь же обитатели корабля занимаются спортивными упражнениями.

Теперь мы можем перейти к более подробному рассказу о системах космического корабля.

Космическая электростанция

На орбите «Союз» напоминает парящую птицу. Это сходство придают ему «крылья» раскрытых панелей солнечных батарей. Для работы приборов и устройств космического корабля нужна электрическая энергия. Солнечная батарея подзаряжает установленные на борту химические аккумуляторы. Даже тогда, когда солнечная батарея находится в тени, приборы и механизмы корабля не остаются без электроэнергии, они получают ее от аккумуляторов.

В последнее время на некоторых космических кораблях источниками электроэнергии служат топливные элементы. В этих необычных гальванических элементах химическая энергия топлива без горения преобразуется в электрическую (см. ст. «План ГОЭЛРО и будущее энергетики»). Топливо — водород окисляется кислородом. Реакция рождает электрический ток и воду. Потом эту воду можно использовать для питья. Наряду с высоким коэффициентом полезного действия это — большое достоинство топливных элементов. Энергоемкость топливных элементов в 4—5 раз выше, чем аккумуляторов. Однако топливные элементы не лишены недостатков. Самый серьезный из них — большая масса.

Этот же недостаток пока еще препятствует применению в космонавтике атомных батарей. Защита экипажа от радиоактивного излучения этих энергетических установок будет слишком утяжелять корабль.

Система ориентации

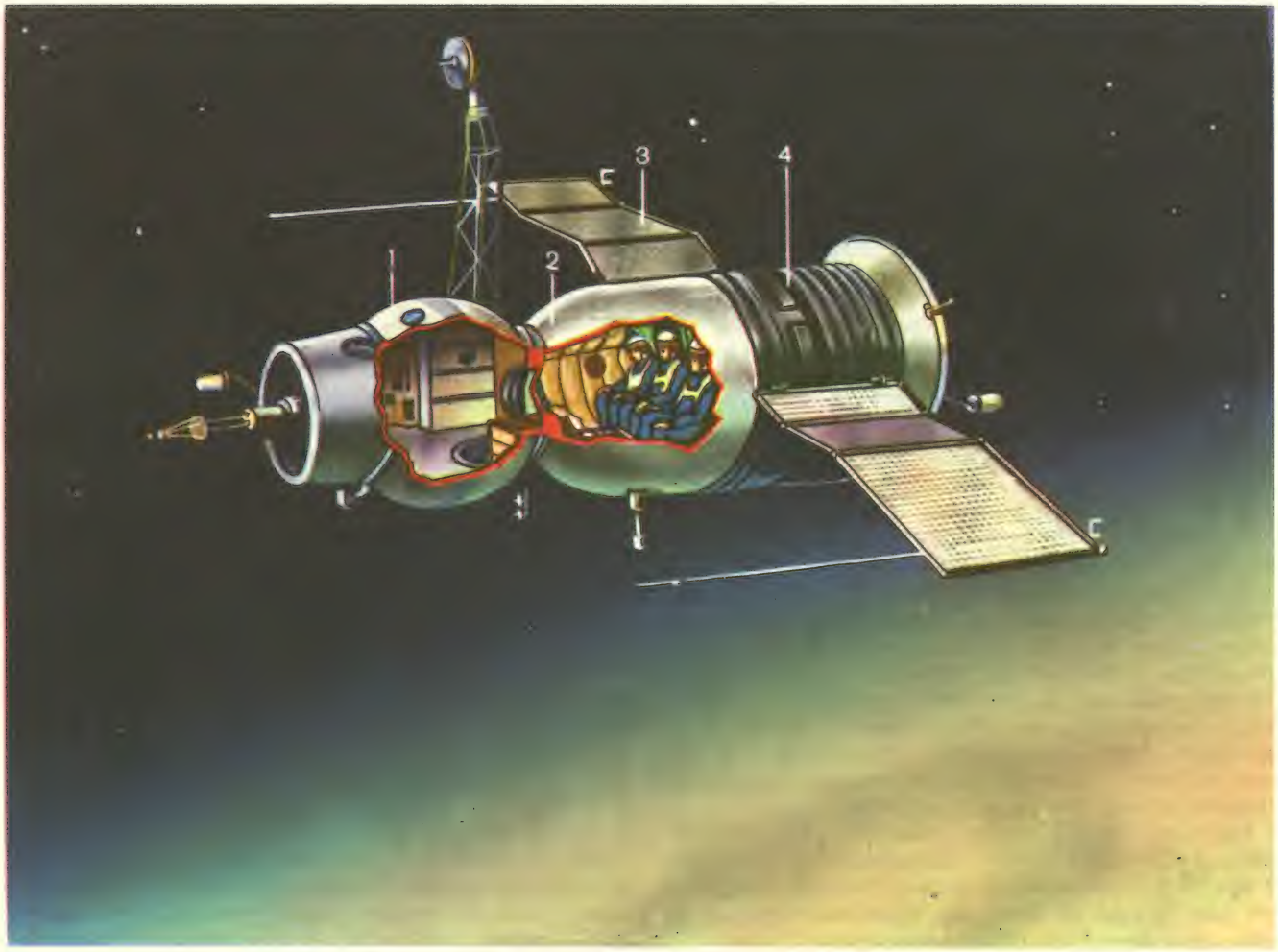
Отделившись от последней ступени ракеты-носителя, стремительно несущийся по инерции корабль начинает медленно и беспорядочно вращаться. Попробуйте в таком положении определить, где Земля и где «небо». В кувыркающейся кабине космонавтам трудно определить местонахождение корабля, нельзя вести наблюдения над небесными телами, невозможна в таком положении и работа солнечной батареи. Поэтому кораблю заставляют занимать в пространстве определенное положение — его *ориентируют*. При астрономических наблюдениях ориентируются на некоторые яркие звезды, Солнце или Луну. Чтобы получить ток от солнечной батареи, надо ее панели направить на Солнце. Сближение двух кораблей требует их взаимной ориентации. Выполнение маневров также можно начинать только в ориентированном положении.

На космическом корабле устанавливается несколько небольших реактивных двигателей системы ориентации. Включая и выключая их в определенном порядке, космонавты поворачивают корабль вокруг любой из выбранных ими осей.

Вспомним простой школьный опыт с водяной вертушкой. Реактивная сила струек воды, брызжущей из изогнутых в разные стороны концов трубочки, подвешенной на нити, заставляет вертушку вращаться. То же происходит и с космическим кораблем. Подвешен он идеально — корабль невесом. Для поворота корабля относительно какой-нибудь оси достаточно пары микродвигателей с противоположно направленными соплами.

Включенные в определенном сочетании, несколько двигателей малой тяги могут не только как угодно поворачивать корабль, но и придавать ему добавочное ускорение или перемещать в сторону от первоначальной траектории. Вот что писали об управлении кораблем «Союз-9» летчики-космонавты А. Г. Николаев и В. И. Севастьянов: «С помощью ручки управления, включая ту или иную группу двигателей

Космический корабль «Союз-4»: *1* — орбитальный отсек; *2* — спускаемый аппарат, в нем космонавты возвращаются на Землю; *3* — панель солнечных батарей; *4* — приборно-агрегатный отсек.



ориентации, можно было разворачивать корабль в любом направлении, а пользуясь оптическими приборами, ориентировать корабль относительно Земли с большой точностью. Еще более высокая точность (до нескольких угловых минут) достигалась при ориентации корабля на звезды».

Однако «малой тяги» достаточно только для выполнения небольших маневров. Значительные изменения траектории требуют уже включения мощной корректирующей двигательной установки.

Маршруты «Союзов» пролегают в 200—300 км от поверхности Земли. При длительном полете даже в той сильно разреженной атмосфере, какая существует на таких высотах, корабль постепенно тормозится о воздух и снижается. Если не принимать никаких мер, «Союз» войдет в плотные слои атмосферы значительно раньше заданного срока. Поэтому время от времени корабль переводится на более высокую орбиту включением корректирующей тормозной двигательной установки. Корректирующая установка работает не только при переходе на более высокую орбиту. Двигатель включается во время сближения кораблей при стыковке, а также при различных маневрах на орбите.

Ориентация — очень важная часть космического полета. Но только сориентировать корабль недостаточно. Его еще нужно удержать в этом положении — *стабилизировать*. В безопорном космическом пространстве сделать это не так просто. Один из самых простых методов стабилизации — *стабилизация вращением*. При этом используется свойство вращающихся тел сохранять направление оси вращения и сопротивляться его изменению. (Все вы видели детскую игрушку — волчок, упрямо не желающий

На космическом корабле «Союз» «шуба» из экранно-вакуумной изоляции.

упасть до полной остановки.) Приборы, основанные на этом принципе,— *гироскопы* широко применяются в системах автоматического управления движением космических аппаратов (см. статьи «Техника помогает водить самолеты» и «Автоматы помогают судоводителям»). Вращающийся корабль подобен массивному гироскопу: ось его вращения практически не меняет своего положения в пространстве.

Если солнечные лучи падают на панель солнечной батареи перпендикулярно ее поверхности, батарея вырабатывает электрический ток наибольшей силы. Поэтому во время подзарядки аккумуляторов солнечная батарея должна «смотреть» прямо на Солнце. Для этого на корабле проводится *закрутка*. Вначале космонавт, поворачивая корабль, ищет Солнце. Появление светила в центре шкалы специального прибора означает, что корабль сориентирован правильно. Теперь включаются микродвигатели, и корабль закручивается вокруг оси корабль — Солнце. Изменяя наклон оси вращения корабля, космонавты могут менять освещенность батареи и таким образом регулировать силу получаемого от нее тока.

Управление космическим кораблем

Стабилизация вращением не единственный способ сохранить положение корабля в пространстве. Выполняя другие операции и маневры, корабль стабилизируется тягой двигателей системы ориентации. Делается это следующим образом. Вначале космонавты, включая соответствующие микродвигатели, разворачивают корабль в нужное положение. По окончании ориентации начинают вращаться гироскопы *системы управления*. Они «запоминают» положение корабля. Пока космический аппарат остается в заданном положении, гироскопы «молчат», т. е. не выдают сигналов двигателям ориентации. Однако при каждом повороте корабля его корпус смещается относительно осей вращения гироскопов. При этом гироскопы подают необходимые команды двигателям. Микродвигатели включаются и своей тягой возвращают корабль в исходное положение.

Однако прежде чем «повернуть руль», космонавт должен точно представить себе, где находится сейчас его корабль. Водитель наземного транспорта ориентируется по различным неподвижным предметам. В космическом пространстве космонавты ориентируются по ближайшим небесным телам и далеким звездам.

Штурман «Союза» все время видит перед собой на пульте управления космического корабля «Землю» — *навигационный глобус*. Эта «Земля» никогда не бывает укрыта облачным покрывалом, как настоящая планета. Это не просто объемное изображение земного шара. В полете два электродвигателя вращают глобус одновременно вокруг двух осей. Одна из них параллельна оси вращения Земли, а другая перпендикулярна плоскости орбиты космического корабля. Первое движение моделирует суточное вращение Земли, а второе — полет корабля. На неподвижном стекле, под которым установлен глобус, нанесен небольшой крестик. Это наш «космический корабль». В любое время космонавт, посмотрев на поверхность глобуса под перекрестием, видит, над каким районом Земли он сейчас находится.

На вопрос «Где я?» звездоплавателям, как и морякам, помогает ответить давно известный навигационный прибор — *секстант*. Космический секстант несколько отличается от морского: им можно пользоваться в кабине корабля, не выходя на его «палубу».

Настоящую Землю космонавты видят в иллюминатор и через *оптический визир*. Этот прибор, уста-

новленный на одном из иллюминаторов, помогает определить угловое положение корабля относительно Земли. С его же помощью экипаж «Союза-9» производил ориентацию по звездам.

Не жарко и не холодно

Обращаясь вокруг Земли, корабль погружается то в ослепительные раскаленные лучи Солнца, то в темноту морозной космической ночи. А космонавты работают в легких спортивных костюмах, не испытывая ни жары и ни холода, потому что в кабине постоянно поддерживается привычная человеку комнатная температура. Отлично чувствуют себя в этих условиях и приборы корабля — ведь человек создавал их для работы в нормальных земных условиях.

Космический корабль нагревают не только прямые солнечные лучи. Около половины всего солнечного тепла, падающего на Землю, отражается ею обратно в космос. Эти отраженные лучи дополнительно подогревают корабль. На температуру отсеков влияют и работающие внутри корабля приборы и агрегаты. Бóльшую часть потребляемой ими энергии они не используют по прямому назначению, а выделяют в виде тепла. Если не отводить это тепло от корабля, то жара в герметичных отсеках скоро станет нестерпимой.

Защита космического корабля от внешних тепловых потоков, сброс избыточного тепла в космос — вот основные задачи *системы терморегулирования*.

Перед полетом корабль одевают в шубу *экранно-вакуумной изоляции*. Такая изоляция состоит из многих чередующихся слоев тонкой металлизированной пленки — экранов, между которыми в полете образуется вакуум. Это надежная преграда на пути жарких солнечных лучей. В промежутках между экранами проложены слои стеклоткани или других пористых материалов.

На все части корабля, которые по тем или иным причинам не укрываются экранно-вакуумным одеялом, наносятся покрытия, способные бóльшую часть лучистой энергии отражать обратно в космос. Например, поверхности, покрытые окисью магния, поглощают всего лишь четвертую часть падающего на них тепла.

И все-таки, используя только такие *пассивные* средства защиты, невозможно уберечь корабль от перегрева. Поэтому на пилотируемых космических аппаратах применяются более действенные *активные* средства терморегулирования.

На внутренних стенках герметичных отсеков путаница металлических трубок. В них циркулирует специальная жидкость — *теплоноситель*. Снаружи корабля устанавливается *радиатор-холодильник*, поверхность которого не закрыта экранно-вакуумной изоляцией. С ним соединяются трубки активной системы терморегулирования. Нагретая внутри отсека жидкость-теплоноситель перекачивается в радиатор, который «выбрасывает», излучает ненужное тепло в космическое пространство. Затем охлажденная жидкость вновь возвращается в корабль, чтобы начать все сначала.

Теплый воздух легче холодного. Нагреваясь, он поднимается вверх, вытесняя вниз холодные, более тяжелые слои. Происходит естественное перемешивание воздуха — *конвекция*. Благодаря этому явлению термометр в вашей квартире, в какой бы угол вы его ни поставили, покажет почти одну и ту же температуру.

В невесомости такое перемешивание невозможно. Поэтому для равномерного распределения тепла по всему объему кабины космического корабля в ней приходится устраивать принудительную конвекцию с помощью обыкновенных вентиляторов.

В космосе как на Земле

На Земле мы не думаем о воздухе. Мы им просто дышим. В космосе дыхание становится проблемой. Вокруг корабля космический вакуум, пустота. Чтобы дышать, космонавты должны брать с собой запасы воздуха с Земли.

Человек в сутки потребляет около 800 л кислорода. Хранить его на корабле можно в баллонах либо в газообразном состоянии под большим давлением, либо в жидком виде. Однако 1 кг такой жидкости «тащит» за собой в космос 2 кг металла, из которого изготовлены кислородные баллоны, а сжатый газ и того больше — до 4 кг на 1 кг кислорода.

Но можно обойтись и без баллонов. В этом случае на борт космического корабля загружают не чистый кислород, а химические вещества, содержащие его в связанном виде. Много кислорода в окислах и солях некоторых щелочных металлов, в известной всем перекиси водорода. Причем у окислов есть еще одно очень существенное достоинство: одновременно с выделением кислорода они очищают атмосферу кабины, поглощая вредные для человека газы.

Организм человека беспрерывно потребляет кислород, вырабатывая при этом углекислый газ, окись углерода, водяной пар и много других веществ. Накопившись в замкнутом объеме отсеков корабля, окись углерода и углекислый газ могут вызвать отравление космонавтов. Воздух кабины постоянно пропускается через сосуды с окислами щелочных металлов. При этом происходит химическая реакция: выделяется кислород, а вредные примеси поглощаются. Например, 1 кг надперекиси лития содержит 610 г кислорода и может поглотить 560 г

углекислого газа. Для очистки воздуха герметичных кабин применяют также испытанный еще в первых противогазах активированный уголь.

Кроме кислорода космонавты берут в полет запасы воды и пищи. Обычная водопроводная вода хранится в прочных емкостях из полиэтиленовой пленки. Чтобы вода не портилась и не теряла вкуса, в нее добавляют небольшое количество специальных веществ — так называемых консервантов. Так, 1 мг ионного серебра, растворенного в 10 л воды, сохраняет ее пригодной для питья в течение полугода.

От бачка с водой отходит трубка. Она оканчивается мундштуком с запирающим устройством. Космонавт берет мундштук в рот, нажимает на кнопку запирающего устройства и всасывает воду. Только так можно пить в космосе. В невесомости вода выскальзывает из открытых сосудов и, распадаясь на мелкие шарики, плавает по кабине.

Вместо пастообразных пюре, которые брали с собой первые космонавты, экипаж «Союза» питается обычной «земной» пищей. Корабль имеет даже миниатюрную кухню, где разогревают готовый обед.

На предстартовых фотографиях Юрий Гагарин, Герман Титов и другие первооткрыватели космоса одеты в *скафандры*, улыбающиеся лица смотрят на нас сквозь стекла *гермошлемов*. И сейчас человек не может выйти в открытый космос или на поверхность другой планеты без скафандра. Поэтому системы скафандров все время совершенствуются.

Скафандр часто сравнивают с уменьшенной до размеров тела человека герметичной кабиной. И это справедливо. Скафандр не один костюм, а несколько, надеваемых друг на друга. Верхняя теплостойкая одежда окрашена в белый цвет, хорошо отражающий тепловые лучи. Под верхней одеждой — костюм из экранно-вакуумной теплоизоляции, а под ним — многослойная оболочка. Это обеспечивает скафандру полную герметичность.

Кто хоть раз надевал резиновые перчатки или сапоги, знает, как неудобен костюм, не пропускающий воздуха. Но космонавты не испытывают таких неудобств. От них избавляет человека система вентиляции скафандра. Перчатки, ботинки, шлем завершают «наряд» космонавта, выходящего в открытый космос. Иллюминатор шлема снабжен светофильтром, защищающим глаза от ослепляющих солнечных лучей.

На спине у космонавта ранец. В нем запас кислорода на несколько часов и система очистки воздуха. Ранец соединен со скафандром гибкими шлангами. Провода связи и страховочный канат — фал соединяют космонавта с кораблем. «Плавать» в космосе космонавту помогает небольшой реактивный двигатель. Таким газовым двигателем в виде пистолета пользовались американские космонавты.

Корабль продолжает полет. Но космонавты не чувствуют одиночества. Сотни невидимых нитей связывают их с родной Землей.

Земля всегда с тобой

Сооружения *Центра управления космическими полетами* особенно необычно выглядят ночью. На фоне звездного неба чернеют высокие башни с причудливыми конструкциями громадных антенн. Запрокинув чаши рефлекторов, антенны вглядываются в бескрайние дали космоса. Несмотря на позднее время, окна служебных помещений ярко освещены. Рабочее время определяется здесь не восходом и заходом Солнца, а графиком космических полетов.

В небе появляется маленькая звездочка. Она медленно движется среди неподвижных звезд. Это за нею следит, плавно вращаясь вокруг вертикальной оси и одновременно перемещаясь вдоль небосклона, многотонная чаша приемной антенны. Еще одна антенна — передающая — установлена в нескольких километрах отсюда. На таком расстоянии передатчики уже не мешают приему сигналов из космоса.

Испытанный и верный помощник всех современных путешественников — радиоволны прочно связывают космонавтов с наземными космическими службами. По всей огромной территории Советского Союза на значительных расстояниях друг от друга разбросаны пункты наземного *командно-измерительного комплекса*. Без их постоянной помощи и заботы невозможен ни один космический полет.

Зачем нужно так много станций связи с космосом? Дело в том, что каждый измерительный пункт может поддерживать связь с космическим кораблем очень недолго, всего лишь несколько минут. Затем корабль выходит из зоны радиовидимости данного пункта. Не много успеешь передать и принять за такое ограниченное время. А объем информации, которой обмениваются корабль и Центр управления полетом, очень велик. Радиоволны несут с борта кос-

мического корабля не только доклады космонавтов о ходе выполнения программы полета, о самочувствии, обо всем новом и интересном, что видели они с космической высоты, но и колоссальное количество данных телеметрических измерений.

На корабле установлены сотни датчиков. Они стоят везде, где требуется систематически измерять определенные величины: температуру и давление, скорость и ускорение, напряжение и вибрацию в отдельных узлах конструкции. На корабле постоянно измеряются несколько сотен параметров, характеризующих состояние бортовых систем. Датчики преобразуют значения этих физических величин в электрические сигналы, которые затем по радио автоматически передаются на Землю. Тысячи цифр в секунду шлют в Центр управления радиопередатчики космического корабля. И от каждой из них зависит судьба полета.

Вот почему каждая минута связи с кораблем должна использоваться с максимальной пользой. Экономить время помогают специальные приборы, установленные на борту космического корабля. Один из них — *программно-временное устройство*. Оно принимает с Земли всего один сигнал, а кораблю передает целую серию команд. Последовательность этих команд — программа — разрабатывается заранее и закладывается в программно-временное устройство корабля еще до старта. Сигнал с Земли только «включает» нужную программу, а потом задуманная заранее последовательность действий выполняется автоматически.

Но ведь кроме команд нужно передать космонавтам распоряжения и советы группы управления, сообщить им данные, полученные в результате обработки телеметрической информации, иногда внести некоторые изменения в программу полета. Конечно, сделать все это за 5—10 мин невозможно. Поэтому на территории нашей страны и разбита целая сеть измерительных пунктов. Они расположены в местах, над которыми пролегают космические трассы. Зоны радиовидимости соседних пунктов частично перекрываются друг другом. Еще не полностью выйдя из одной зоны, корабль уже попадает в другую. Каждый пункт контрольно-измерительного комплекса, закончив разговор с кораблем, «передает» его следующему. Полученная из космоса информация тут же отправляется в Центр управления.

Космическая эстафета продолжается и за пределами нашей Родины. Задолго до полета выходят в море специально оборудованные суда экспедиционного флота Академии наук СССР. Один из кораблей этой необычной эскадры — теплоход «Космонавт Владимир Комаров». Огромные сверкающие белизной шары придают громадному кораблю необычный вид. В этих прозрачных шарах вращаются параболические антенны. Сферические оболочки защищают их от ураганных ветров, от любой непогоды и в то же время легко пропускают радиоволны. Стабилизирующие устройства и специализированные вычислительные машины в любую качку удерживают основания антенн в горизонтальном положении. Ни на миг не должна прерываться связь между океанским и космическим кораблями во время сеанса. Многочисленные лаборатории теплохода оснащены самой совершенной научной аппаратурой, вычислительной техникой.

Теплоход «Космонавт Владимир Комаров» способен обеспечить одновременную связь с несколькими кораблями-спутниками. В Индийском и Атлантическом океанах несут космическую вахту многие другие суда экспедиционного флота. Недавно на воду спущен самый большой в мире научный корабль «Космонавт Юрий Гагарин».

На Земле обитателей космического корабля не только *слышат*, но и *видят*. Достигается это с помощью передающих телевизионных камер, установленных в отсеках экипажа. Пользуясь переносной камерой, космонавты проводят телерепортажи из своего космического дома, показывают телезрителям Землю, Луну, россыпи ярко сияющих на черном небе звезд.

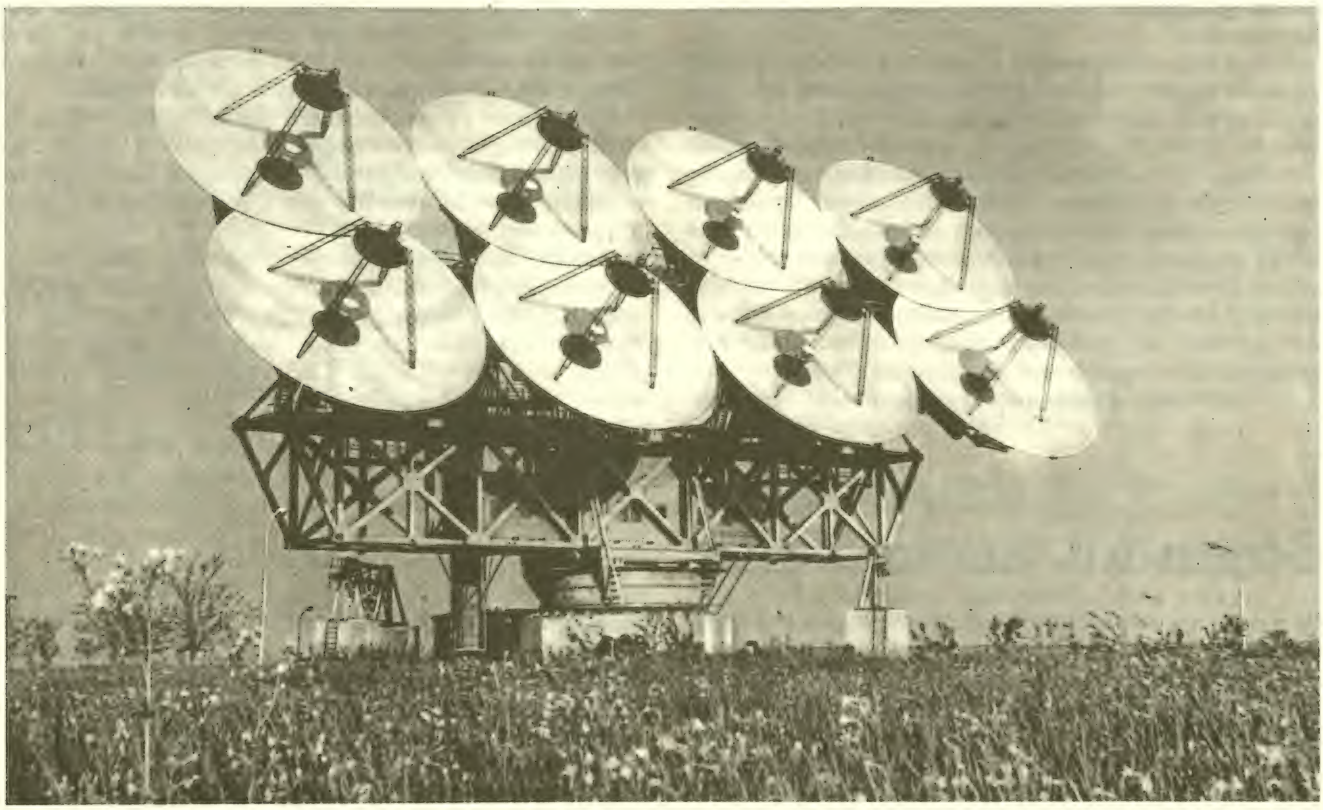
Космический корабль можно увидеть с Земли и без помощи телевидения. Нужно только попасть на станцию по оптическим наблюдениям за искусственными спутниками Земли. Установленные на таких станциях *спутниковые камеры* внешне напоминают мощные телескопы. Сложная электронная аппаратура служит для наведения камер на космические объекты и для автоматического слежения за ними. Оптические наблюдения помогают определять фактические траектории космических аппаратов, рассчитывать данные для их коррекций.

Наблюдения за космическими полетами ведут и астрономические обсерватории. Почти до самой Луны провожал советскую автоматическую станцию «Зонд-8» глаз телескопа высокогорной обсерватории в горах Заилийского Алатау. Астрономы сумели увидеть и сфотографировать станцию, удалившуюся от Земли на расстояние 348 тыс. км.

Однако до сих пор только радио дает возможность поддерживать с космическим кораблем двухстороннюю связь. Радиосигналы, посылаемые на Землю космическими аппаратами, намного слабее сигналов мощных земных радиостанций. Именно поэтому приемные антенны так велики. Чем больше диаметр параболической чаши, тем больше энергии «соберет»

Научно-исследовательское судно «Космонавт Юрий Гагарин». Судно оборудовано новейшей отечественной аппаратурой для управления космическими аппаратами.

Внизу: антенны наземного Центра управления космическими полетами.



она из космоса. 25 м — таков диаметр приемной антенны *Центра дальней космической связи*.

Кроме передатчиков, посланных в космос человеком, в космическом пространстве есть и другие источники радиоволн. Невидимыми лучами «обстреливают» Землю так называемые радиозвезды, мощным генератором радиоволн является и Солнце. Чтобы сигналы космического аппарата пробились сквозь этот галактический радиошум, их нужно значительно усилить. Выделить полезный сигнал помогают и системы сложных *фильтров*.

Информация из космоса приходит на Землю в «зашифрованном» виде. Радиосигналы, записанные на больших бобинах магнитофонной пленки, требуют тщательной обработки, точного перевода на доступный специалистам язык. Причем сделать это необходимо очень быстро.

Оборудованный самой современной вычислительной техникой (универсальные вычислительные машины делают до миллиона операций в секунду), *Координационно-вычислительный центр* оперативно производит сложнейшие расчеты. Центр систематически определяет и передает космонавтам, по какой орбите двигается сейчас их аппарат, как может измениться его траектория в ближайшее и более отдаленное время.

На каждом витке космонавты получают из Центра данные для спуска в случае неожиданного возникновения аварийной ситуации. Отсюда же все наземные пункты слежения, измерения и управления узнают о времени и направлении входа космического корабля в их зоны. В Координационно-вычислительном центре рассчитываются данные для проведения коррекций орбиты, разрабатываются программы работы на определенные витки, сутки, сеансы связи. В конце полета определяется момент включения тормозной установки и продолжительность ее работы для возвращения корабля на Землю.

На многочисленных вычислительных машинах специалисты Центра обрабатывают огромное количество телеметрической информации. В первую очередь обрабатываются данные, которые необходимо знать в каждый момент полета, а затем уже менее срочные сведения. В результате тщательного анализа полученной с борта корабля информации Координационно-вычислительный центр выдает рекомендации по управлению полетом. Поэтому, даже когда корабль надолго уходит из зоны радиовидимости или экипаж его отдыхает, в Центре продолжают работать группы специалистов. Эта работа ведется и после приземления космонавтов.

В огромном, залитом светом люминесцентных ламп оперативном зале Центра тишина. Толстый ковер заглушает шаги. За пультами управления сидят люди. Перед ними сводки, графики, пухлые тома технической документации. Изредка кто-нибудь поднимает голову и смотрит на большой экран. На нем светится красочная карта мира. Синей синусоидой через материки и океаны, горы и пустыни пролегла дорога космонавтов. Так выглядит развернутая по плоскости карты проекция круговой орбиты космического корабля. Вдоль синусоиды медленно ползет яркая точка — корабль на орбите. Справа и слева от экрана — световые табло. Бортовое время, московское время, параметры орбиты. Цифры на табло все время меняются: виток за витком наматывается вокруг Земли невидимый клубок траекторий.

В соседних залах негромко гудят вычислительные машины. За пультами управления — операторы. Неторопливо движется рука по разноцветным кнопкам и клавишам. Заботливая рука Земли. Космический корабль продолжает полет.

Однако космонавты могут управлять своей машиной самостоятельно. Для этого космический корабль оборудован астрономическими средствами навигации. В будущем, когда земные космолеты отправятся к другим планетам, такие системы будут иметь решающее значение.

Задание выполнено

Каждый космический полет выполняется по заранее составленной, тщательно продуманной программе. Перед стартом космонавты получают *полетное задание*. В нем по минутам расписано все время пребывания экипажа в космическом пространстве. Строго по графику производятся научные и технические эксперименты, по расписанию космонавты отдыхают и занимаются физическими упражнениями. Но вот все задачи полета решены, программа полностью выполнена. Впереди один из самых ответственных этапов космического путешествия — возвращение на Землю.

Космический корабль остается на орбите спутника Земли до тех пор, пока притяжение планеты

уравновешивается центробежной силой. Эта сила определяется в первую очередь скоростью обращения космического аппарата вокруг Земли. Следовательно, для перевода корабля на траекторию снижения нужно уменьшить его орбитальную скорость.

Для этого сначала ориентируют корабль таким образом, чтобы сопло его *тормозной двигательной установки* смотрело вперед по направлению полета. Затем, включив на определенное время двигатель в расчетной точке орбиты, космонавты тормозят корабль, и он начинает приближаться к Земле. Ставшие ненужными двигательный и орбитальный отсеки отделяются от спускаемого аппарата и сгорают в атмосфере.

Спускаемый аппарат корабля «Союз» внешне напоминает большую автомобильную фару. Такая форма придана ему неспроста. У первых советских космических кораблей спускаемые аппараты имели форму шара. После торможения и разделения отсеков спускаемый аппарат с космонавтом совершал неуправляемый полет к Земле по так называемой *баллистической траектории* (см. т. 3 ДЭ, ст. «Полет в космосе»). При этом в плотных слоях атмосферы на космонавтов действовали большие, трудноперенос имые перегрузки. Уже при пятикратной перегрузке нетренированный человек может потерять сознание, а баллистический спуск часто сопровождался перегрузками вдвое большими.

Способ уменьшения перегрузок при спуске конструкторы космической техники позаимствовали у авиаторов. При посадке самолета летчики изменяют подъемную силу крыльев и сопротивление воздуха, увеличивая или уменьшая *угол атаки* (угол между продольной осью самолета и направлением скорости полета, а для космических летательных аппаратов — угол между продольной осью летательного аппарата и встречным газовым потоком), выдвигая закрылки и пользуясь другими устройствами. Иначе говоря, над посадочной полосой аэродрома изменяется *аэродинамическое качество* летящей машины (аэродинамическим качеством летательного аппарата называют отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления).

Форма спускаемого аппарата корабля «Союз» при полете в атмосфере тоже обеспечивает ему необходимую подъемную силу. Ее размер и направление можно регулировать автоматически или вручную, разворачивая аппарат вокруг продольной оси с помощью реактивных двигателей малой тяги, установленных на корпусе спускаемого аппарата. Таким образом, спуск с аэродинамическим качеством — это уже *спуск управляемый*.

Умело маневрируя по высоте и направлению полета, можно снизить перегрузки, действующие на экипаж, в 2—3 раза по сравнению с баллистическим спуском. Кроме того, управляемый спуск позволяет значительно повысить точность приземления.

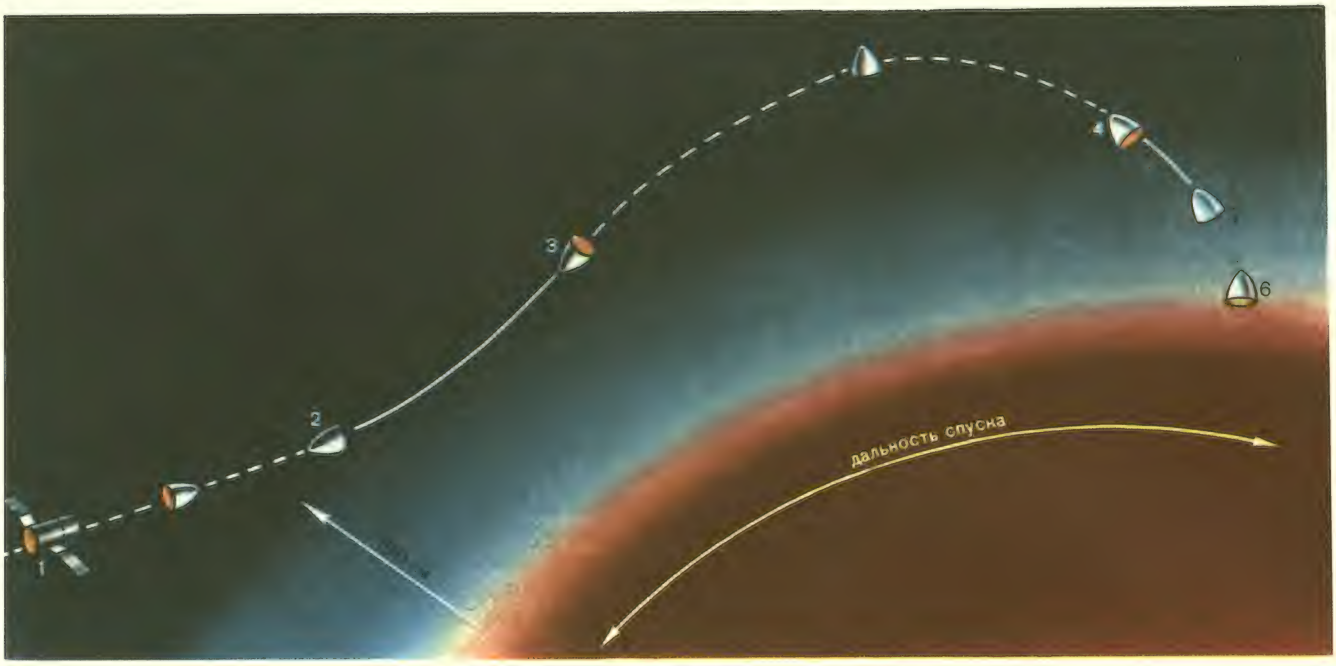
Однако кроме перегрузок космонавтам во время возвращения на Землю грозит и другая опасность — огромная температура. Включение тормозной двигательной установки дает возможность космическому кораблю только сойти с околоземной орбиты. Основное торможение корабля происходит за счет сопротивления атмосферы. При движении спускаемого аппарата в атмосфере перед ним возникает ударная волна. В ней температура обтекающего аппарат воздушного потока достигает 3500—4000° С. (Вспомните, что температура на поверхности Солнца 6000° С!)

Можно было бы значительно уменьшить нагрев, плавно замедляя движение корабля на всем участке спуска с помощью той же двигательной установки. Но для этого потребовалось бы слишком много топлива. Космонавты, рассчитывающие при возвращении из межпланетного рейса пройти земную атмосферу только с помощью двигателей, должны были бы взять с собой дополнительный запас топлива, равный почти половине общей массы космического корабля. Позволить себе такую роскошь, зная огромную цену каждого килограмма доставленного в космос полезного груза, конструкторы космической техники не могут.

Посадка с использованием аэродинамического качества значительно уменьшает и нагрев спускаемого аппарата. Во время управляемого спуска на поверхности аппарата выделяется в 10 раз меньше тепла, чем при баллистическом спуске. Но и этого теплового потока достаточно, чтобы расплавить металлические стенки, за которыми укрылись космонавты. Поэтому конструкторы предусмотрели *теплозащитный экран*, который устанавливается на переднюю, наиболее нагревающуюся часть спускаемого аппарата.

Экран состоит из одного или нескольких слоев материалов с низкой теплопроводностью. Под действием теплового потока наружная поверхность экрана нагревается, а затем, минуя стадию плавления, испаряется. Мощный встречный поток воздуха уносит частицы горящего материала, и за время спуска масса теплозащиты изрядно уменьшается. Зато конструкция аппарата остается неповрежденной. Пламя, бушующее за бортом спускаемого аппарата, огненными языками лижущее стекла иллюминаторов, не в силах повысить температуру внутри отсека более чем на 10—20° С.

Возвращение с межпланетных трасс: *1* — отделение спускаемого аппарата; *2* — первое погружение в атмосферу; *3* — выход из атмосферы; *4* — второе погружение в атмосферу; *5* — начало работы парашютной системы; *6* — приземление.



Но вот скорость аппарата уменьшилась до 200 м/с. До Земли еще около 9 км. Можно вводить в действие *парашютную систему*. Отстреливается крышка люка, и раскрывается небольшой тормозной парашют. Новый щелчок взрыва — и бесформенное полотно тормозного парашюта отлетает в сторону. Над спускаемым аппаратом раскрываются сначала *вытяжные парашюты*, а затем огромный многоцветный купол *основного парашюта*. Еще один негромкий взрыв, и, кувыркаясь в воздухе, летит вниз отстреленная чаша теплозащитного экрана.

Медленно спускается кабина с космонавтами. До Земли остается 1 м. Еще один взрыв. Мощные струи огня вырываются со дна аппарата. Сработали пороховые *двигатели мягкой посадки*. Облака пыли плотной завесой окутывают кабину. Мягкий, напоминающий остановку лифта, толчок. Космический полет окончен, корабль совершил посадку.

Рассмотрим теперь, как происходит возвращение космических аппаратов с *межпланетных трасс*. Корабль, вернувшийся из космоса, входит в земную атмосферу с огромной скоростью. Она в полтора раза выше скорости аппарата, сходящего с околоземной орбиты. Чтобы перегрузки при спуске не превысили допустимых и корабль произвел посадку в заданном районе, нужно точно выдержать *угол* и *место входа* его в атмосферу.

Точность посадки определяется в первую очередь *условным перигеем*. Условный перигей — это наименьшее расстояние от Земли, на котором прошел бы корабль, если бы у Земли отсутствовала атмосфера. При условном перигее выше расчетного космический аппарат будет менее интенсивно тормозиться в верхних разреженных слоях атмосферы и пролетит расчетное место посадки. При условном перигее ниже расчетного, напротив, произойдет недолет. Причем ошибка в высоте условного перигея всего лишь на 1 км приводит к промаху на 50 км. Отклонение условного перигея от расчетного на 10—20 км приведет либо к пролету корабля мимо Земли, либо к недопустимо высоким перегрузкам.

Аналогично влияют на полет космического аппарата и ошибки по углу входа в атмосферу. Межпланетный корабль должен встречаться с атмосферой под очень малым углом, почти по касательной. Вход под углом всего на 1° меньше или больше расчетного уже грозит неприятными последствиями.

Сравнивая приведенные цифры с колоссальной протяженностью межпланетных трасс, можно судить, каким техническим совершенством должны обладать системы ориентации и управления дальних космических кораблей.

О схеме *управляемого спуска* межпланетного корабля следует рассказать особо. Такой спуск сложнее, чем баллистический, так как аппарат входит в атмосферу дважды. При первом погружении в атмосферу происходит торможение аппарата. Управление при этом осуществляется таким образом, чтобы

подъемная сила не дала аппарату опуститься ниже расчетной высоты и вытолкнула бы его снова в космическое пространство. Выйдя из плотных слоев атмосферы, корабль совершает неуправляемый полет по баллистической траектории. Перед вторым погружением в атмосферу система управления вновь разворачивает и стабилизирует аппарат в нужном для дальнейшего полета положении. Последующее снижение почти ничем не отличается от управляемого спуска корабля — спутника Земли. Управляемым спуском с двойным погружением в атмосферу заканчивались полеты облетавших Луну советских автоматических станций «Зонд-6» и «Зонд-7» и американских космических кораблей «Аполлон».

На орбите робот

Спутники на службе погоды

В 1968 г. советское судно «Богдан Хмельницкий», обогнув с юга Африку, приближалось к Мозамбикскому проливу между материком и островом Мадагаскар. 17 января радист принял тревожную радиограмму. Синоптики из далекой Москвы предупреждали: навстречу кораблю движется мощный тропический циклон «Жоржетта». Они советовали избежать неприятной встречи, обойдя Мадагаскар с восточной стороны. Но в сводках местных береговых метеорологических станций говорилось о надвигавшемся на остров с востока другом урагане — «Генриетта».

Капитан судна запросил по радио Москву. Гидрометцентр подтвердил прежнюю рекомендацию. Корабль взял курс на восток. Через несколько дней, пройдя без особых осложнений через небольшой шторм у Мадагаскара, «Богдан Хмельницкий» благополучно продолжал свой путь. А в это время у берегов Африки бушевал тропический циклон.

Как же московские синоптики смогли точнее местных специалистов оценить метеорологическую обстановку? Сделать это им помог искусственный спутник Земли «Космос-184». Фотографии, снятые спутником над Индийским океаном и полученные в Москве, показали, что циклон «Генриетта» менее опасен, чем «Жоржетта».

Искусственные спутники Земли впервые позволили человеку посмотреть на свою планету со стороны. Первый советский метеорологический спутник «Космос-122» был выведен на орбиту 25 июня 1966 г. Не прошло и года, как в строй вступила космическая метеорологическая система «Метеор», состоящая уже из 3 спутников серии «Космос». С тех пор система «Метеор» систематически пополняется новыми спутниками. Все они выходят на круговые орбиты с высотой около 630 км от поверхности Земли и позволяют метеорологам делать более правильные прогнозы погоды.

Немногим более полутора часов требуется космическому разведчику погоды, чтобы облететь земной шар. Углы между плоскостями орбит советских метеорологических спутников и плоскостью экватора близки к 90°. Таким образом, спутники при каждом обороте вокруг Земли проходят над ее полярными областями. Так как Земля вращается вокруг своей оси с запада на восток, то каждый следующий виток проходит над более западными районами планеты, чем предыдущий.

Как же работает космическая метеостанция? На рисунке (стр. 176) показан спутник системы «Метеор». Его метеорологическая аппаратура должна работать как можно дольше. Поэтому снабжать ее электроэнергией конструкторы поручили солнечным батареям. Собственная система ориентации солнечных батарей все время следит за тем, чтобы их поверхности были перпендикулярны лучам Солнца. Как мы уже говорили в статье «На орбите космический корабль», сила тока от батарей при этом условии будет максимальной.

Сам спутник состоит из двух цилиндрических отсеков. В меньшем размещена аппаратура для метеорологических наблюдений, а в большем — служебные и вспомогательные системы. В полете спутник ориентирован. Его главная ось все время направлена точно на центр Земли. Если ориентация и стабилизация космических кораблей осуществляются с помощью реактивных двигателей, то определенное положение в пространстве метеорологических спутников достигается и поддерживается несколькими *вращающимися маховиками*. Управляющие космическим аппаратом силы развиваются при изменении скорости вращения этих маховиков. Маховики приводятся в движение энергией солнечных батарей: каждый маховик — это массивный ротор электрического двигателя.

Спутник «осматривает» освещенную сторону Земли 2 *телевизионными камерами*. Их направленные

вниз объективы установлены под небольшим углом друг к другу. Таким образом площадь обзора увеличивается почти в 2 раза. Телевизионные камеры, непрерывно работая в полете, видят полосу земной поверхности или ее облачного покрова шириной до 1000 км и более. Полученное изображение записывается на магнитную пленку, а при пролете спутника над пунктами приема информации передается на Землю. При выходе спутника из тени Земли первые лучи Солнца сами автоматически включают телевизионную аппаратуру.

Но космический синоптик не прекращает своих наблюдений и над ночной стороной планеты. Здесь вместо телевизионной на вахту становится *инфракрасная аппаратура*. Ее «глаз» совершает непрерывные маятниковые колебания перпендикулярно плоскости полета спутника и, таким образом, «осматривает» полосу земной поверхности такой же ширины, как и при съемке телевизионными камерами. Инфракрасные приемники измеряют тепловое излучение земной поверхности. Облака всегда холоднее поверхности Земли, поэтому облачные образования — тайфуны, циклоны и т. п.— четко различимы на таких снимках. Во время полярной ночи в северных и южных областях планеты только «ночные глаза» метеорологического спутника позволяют человеку «видеть» облака.

Сегодня фотографии, снятые метеорологическими спутниками, можно увидеть в самых различных учреждениях страны. Космические снимки помогают точно выдерживать расписание на межконтинентальных трассах Аэрофлота. Для капитанов дальнего плавания перестали быть обязательными давно проложенные морские маршруты. Основываясь на «докладах» метеорологических спутников, Гидрометцентр СССР предлагает океанским судам определенные курсы (так называемые *рекомендованные курсы*), следуя которыми моряки могут избежать встреч со штормами и ураганами.

Спутники связи

Потребности в телефонной связи растут в наше время очень быстро. Однако прокладка кабеля на тысячи и больше километров — дело длительное, трудоемкое и дорогое. В 1970 г. количество трансатлантических телефонных связей между Западной Европой и США достигло 10 млн., а к 1980 г. их число, как предполагают, возрастет более чем в 10 раз. Трансатлантический кабель, например, «вмещает» всего лишь несколько сотен телефонных каналов (см. ст. «Электрическая связь»).

Вы спросите: «А радио?» Радио уже не всегда может помочь. Несколько десятилетий назад, когда радиостанции были сравнительно редки, они работали на длинных и средних, а затем и на коротких волнах, которые благодаря многократным отражениям от ионосферы могут преодолевать большие расстояния. Сейчас на земном шаре так много радиостанций, что при работе только в этих диапазонах длин волн они неизбежно будут мешать друг другу. Поэтому радисты обратились к ультракоротким волнам.

Однако ультракороткие радиоволны, способные передавать сигналы практически без всяких помех, имеют существенный недостаток: они распространяются прямолинейно, как луч света, и от ионосферы почти не отражаются. С появлением искусственных спутников Земли возникла мысль использовать их как «радиозеркала» для отражения ультракоротких радиоволн. Эта мысль не была совсем новой. Спутник Земли для этой цели уже использовался, правда не искусственный, а естественный. Опыты с радиосвязью через Луну проводились еще в 1948 г. В 1964 г. через ночное светило была успешно осуществлена радиосвязь между английской обсерваторией Джодрелл-Бэнк и советской обсерваторией под городом Горьким. Однако радиосвязь с отражением от лунной поверхности возможна лишь в очень ограниченное время суток, когда Луна видна одновременно из обоих связываемых пунктов.

Искусственный спутник Земли, запущенный на специально выбранную орбиту, может находиться в зоне радиовидимости нужных пунктов гораздо дольше. Такой спутник связи, получивший название «Эхо-1», был запущен в 1960 г. в США. Этот шарообразный спутник отражал почти все радиоволны, направленные на него с Земли, тогда как Луна — всего лишь 7 % принятой энергии. Но как естественному, так и искусственному спутнику Земли было безразлично, куда рассеивать отраженную энергию. Поэтому к Земле на вход приемника, принимающего отраженные от спутника сигналы, возвращалась ничтожная доля излученной передатчиком мощности. Этот и другие недостатки заставили ученых отказаться от таких пассивных спутников связи.

23 апреля 1965 г. в Советском Союзе был запущен *первый советский спутник связи — активный ретранслятор «Молния-1»*. Многие месяцы он обеспечивал обмен телевизионными программами и регулярную телефонную связь между Москвой и Владивостоком. 14 октября 1965 г. запустили второй спутник — была начата опытная эксплуатация системы дальней двухсторонней телевизионной и телефонно-телеграфной связи. Третий спутник, запущенный 25 апреля 1966 г., использовался для обмена телевизионными программами между СССР и Францией.

За несколько лет, прошедших со времени выхода на орбиту первой «Молнии», в Советском Союзе за-

пущено много спутников этого типа. Уже трудятся в космосе и усовершенствованные спутники связи «Молния-2».

Система связи, использующая спутники «Молния», работает следующим образом. Передающая станция с помощью остронаправленной антенны посылает сигнал в виде узкого радиолуча на спутник. Принятый приемопередающей антенной спутника сигнал поступает в его радиоприемное устройство. Там сигнал усиливается, и передатчик спутника отправляет его на Землю, где его принимает приемная станция.

Посмотрите фотографию спутника связи «Молния» на странице 176. В герметичном цилиндрическом корпусе размещается *аппаратура ретранслятора*, состоящая из чувствительного приемника и мощного передатчика, а также различные вспомогательные системы. На одном из конических днищ установлены корректирующая двигательная установка и микродвигатели системы ориентации. На другом днище укреплен датчик ориентации на Солнце. Этот датчик помогает направлять панели солнечной батареи «лицом» к светилу. Солнечная батарея подзаряжает аккумуляторы, питающие электроэнергией всю аппаратуру спутника.

Снаружи корпуса спутника установлены *радиатор-холодильник* и *панель-нагреватель* системы терморегулирования (см. ст. «На орбите космический корабль»). Внутри спутника все время автоматически поддерживается необходимая температура.

После того как спутник выходит на заданную орбиту и раскрываются панели солнечной батареи, начинается его ориентация. Газовые струи микродвигателей, прекратив сначала произвольное вращение спутника, поворачивают его панелями солнечной батареи на Солнце. Микродвигателями при этом командует солнечный оптический датчик. Чтобы сохранить достигнутое положение, включается электродвигатель, вращающий *маховик-гироскоп*.

Если панели солнечной батареи должны все время «смотреть» на Солнце, то раскрывшиеся «зонтики» *параболических антенн* с тем же постоянством обязаны «видеть» Землю. Поэтому спутник по сигналам датчика ориентации на Землю разворачивается, направляя антенны на Землю. Точное наведение антенны на Землю завершается поворотом штанги, на конце которой установлен «зонтик». Затем достигнутое положение спутника стабилизируется. Из двух приемопередающих антенн, имеющихся на спутнике, работает одна. Вторая находится в резерве.

Сильно вытянутая эллиптическая орбита спутников выбрана таким образом, чтобы обеспечить максимальную продолжительность связи на территории нашей страны. 50-летие Великой Октябрьской социалистической революции было отмечено вводом в строй системы станций сверхдальних телевизионных передач «Орбита». Только в нашей стране создана такая широкая сеть наземных станций космической связи. Кроме того, через «Молнию» могут связываться Европа и Азия или Европа и страны американского континента.

Космическая связь, которая еще совсем недавно была мечтой, теперь неразрывно связана с нашей повседневной жизнью.

Спутники-маяки

Космос перестает быть только лабораторией ученых. Космонавтика становится все более «земной» отраслью деятельности человека. Кроме профессий метеорологов и связистов искусственные спутники Земли готовы приобрести еще новые специальности — морских и воздушных штурманов и космических картографов.

Издавна путешественникам в затруднительных случаях помогали ориентироваться небесные светила. И сейчас каждый штурман имеет секстант или другой прибор для определения своего положения по звездам, Солнцу и Луне. Ну, а как быть в туман или когда небо затянуто серой пеленой облаков? Недавно был найден выход и из этого положения. Выручила радиоастрономия. Для радиоизлучения небесных тел облачность не помеха. Приемные антенны позволили навигаторам «видеть» небо сквозь тучи. Однако точность *радиосекстантов* оказалась не очень высокой, и полностью полагаться на их показания пока еще небезопасно. *Навигационные спутники* стали надежными космическими маяками для штурманов самолетов и кораблей.

Какой-нибудь земной предмет или небесное тело только в том случае может служить ориентиром, если точно известно его положение на поверхности Земли или относительно нашей планеты. Положение навигационного спутника относительно какой-то точки поверхности можно указать с высокой точностью в любой момент времени. Нужно только знать параметры первоначальной орбиты спутника и законы небесной механики, которым подчиняется его движение.

Количество навигационных спутников и их орбиты нужно выбирать таким образом, чтобы эти космические ориентиры достаточно часто пролетали над обслуживаемым районом земной поверхности.

А как работают навигационные системы, использующие искусственные спутники Земли? Установленный на спутнике радиопередатчик периодически посылает сигналы на Землю. Корабельная или самолетная приемная навигационная радиостанция во время

Космический разведчик погоды — метеоспутник «Метеор».

Внизу: антенна станции космической связи, осуществляющей передачу программ Центрального телевидения на пункты системы «Орбита».

Благодаря спутнику «Молния» жители самых отдаленных городов и поселков нашей страны могут смотреть телевизионные передачи из Москвы.

Внизу: с помощью спутника «Интеркосмос-1» изучалось влияние излучения Солнца на земную атмосферу.

пролета над нею спутника несколько раз определяет его угловые координаты — высоту и азимут или расстояние до него (см. т. 2 ДЭ, ст. «Астрономия в народном хозяйстве СССР»). Теперь, зная положение спутника относительно наблюдателя и его координаты в моменты связи, нетрудно определить и координаты самого наблюдателя, т. е. корабля или самолета.

А о своих координатах спутник докладывает сам. Для этого в специальном вычислительном центре

Спутник «Электрон-1» исследовал радиационный пояс Земли.

Космические частицы больших энергий изучала научная станция — тяжелый искусственный спутник Земли «Протон-4».

заранее рассчитывают будущие координаты спутника и по радио посылают их в его запоминающее устройство. Пролетая затем над «своим» районом, спутник по командам автомата извлекает из «памяти» заложенные в него данные и передает их на Землю.

Принятая со спутника информация поступает в корабельную или самолетную вычислительную машину, которая вычисляет и выдает штурману интересующие его географические координаты.

Летают на орбитах и геодезические спутники, они помогают картографам определить точные координаты отдельных точек Земли. Хотя картографы составили уже тысячи подробнейших карт различных участков земной поверхности, однако далеко не каждая ее точка уже имеет точно определенные координаты. Одновременно наблюдая спутник с разных наземных пунктов, координаты которых известны, можно, как говорят геодезисты, «привязать» или определить координаты остальных пунктов.

Искусственные спутники Земли служат и народному хозяйству, и науке. 16 марта 1962 г. в Советском Союзе начались запуски *спутников серии «Космос»* по программе, составленной Академией наук СССР. Перечень научных задач спутников этой серии очень велик. «Космосы» изучают магнитное поле и радиационную обстановку вблизи Земли, исследуют рентгеновское и ультрафиолетовое излучения Солнца, выполняют разносторонние биологические эксперименты, изучают микрометеориты.

Спутники «Космос», кроме того, стали для конструкторов как бы испытательной лабораторией в космосе. Многие технические проблемы космонавтики были решены с их помощью: защита космонавтов от опасных излучений, воздействие космических условий на элементы конструкций аппаратов, автоматическая стыковка на орбите, вход в атмосферу и посадка на Землю — вот только некоторые из них.

Для исследования радиационного пояса Земли и ее магнитного поля в 1964 г. в Советском Союзе были запущены *спутники серии «Электрон»*. Одна ракета-носитель выводила на разные орбиты по два спутника «Электрон». Это позволило одновременно изучать внешнюю и внутреннюю зоны радиационного пояса.

Тяжелую научную аппаратуру, необходимую для исследования космических частиц высоких и сверхвысоких энергий, доставили на околоземные орбиты в 60-х годах советские *станции «Протон»*. Масса только научной аппаратуры станции «Протон» составляла более 12 т.

Искусственные спутники Земли стали источниками ценной научной информации из близкого космоса. Поэтому автоматические космические научные лаборатории будут еще много раз видоизменяться и совершенствоваться, а запуски их продолжаться.

Станция назначения — Венера

Всего лишь через 4 года после начала космической эры в долгий путь к Венере отправилась советская автоматическая станция «Венера-1». В 1965 г. по ее следам были запущены уже две станции. Одна из них — «Венера-3» 1 марта 1966 г. достигла планеты: завершился первый в истории космонавтики межпланетный перелет.

Опыт предыдущих полетов помог советским конструкторам и ученым уже через год провести уникальный эксперимент по зондированию атмосферы Венеры. Выполнила его станция «Венера-4», запущенная 12 июня 1967 г. Спускаемый аппарат станции, войдя в атмосферу Венеры со второй космической скоростью, продолжал спуск на парашюте. Более полутора часов шел первый в истории человечества сеанс межпланетной радиосвязи. За это время спускаемый аппарат успел рассказать об атмосфере Венеры много интересного (см. т. 2 ДЭ, ст. «Планеты Солнечной системы»).

Полученные характеристики уточнили в 1969 г. сразу две автоматические станции — «Венера-5» и «Венера-6». Они провели более глубокое зондирование атмосферы в разных районах планеты.

Станции закончили измерения на высотах около 20 км от поверхности Венеры. Сообщенные ими данные об ее атмосфере согласовывались с данными «Венеры-4» и американского аппарата «Маринер-5», который при пролете исследовал планету методом радиопросвечивания. И все же поверхность Венеры оставалась пока недосягаемой.

Так было до 15 декабря 1970 г. В этот день огненный вихрь рассек небосклон Венеры. Это не был метеорит: над метеоритами не раскрываются парашюты. На поверхность далекой планеты опустился спускаемый аппарат межпланетной станции «Венера-7». После посадки аппарат продолжал «жить» — радиоволны донесли до Земли его доклад.

Как и предыдущие станции этого типа, «Венера-7» состояла из двух основных частей — *орбитального отсека* и *спускаемого аппарата*. Орбитальный отсек станции «Венера-7» мало изменился по сравнению с такими же отсеками первых станций, отправленных к Венере. Он представлял собой большой металлический цилиндр, внутри которого размещались приборы, управляющие полетом станции, радиоприемники, радиопередатчики и другое оборудование. Антенны радиоустройств были установлены снаружи орбитального отсека. Для связи с Землей на больших удалениях от нее на корпусе станции раскрывалась большая чаша остронаправленной антенны.

На нижнем днище орбитального отсека крепилась корректирующая двигательная установка; благодаря ее работе станция была выведена точно к цели. К верхнему днищу отсека крепился спускаемый аппарат.

Аппаратура станции питалась электроэнергией от аккумуляторов, тоже установленных в орбитальном отсеке. Запасы энергии пополнялись солнечными батареями, размещенными на боковых наружных поверхностях корпуса.

В течение почти всего полета станция была ориентирована на Солнце. Оптические датчики держали в поле своего зрения Солнце и Землю или Солнце и специально выбранную звезду. По командам датчиков автоматические устройства системы ориентации включали и выключали газореактивные микродвигатели.

Главная задача орбитального отсека — доставка спускаемого аппарата к планете. В предыдущих полетах эта задача выполнялась неукоснительно. Поэтому орбитальный отсек не нуждался в особых доработках. Основное внимание конструкторы уделили спускаемому аппарату.

По форме спускаемый аппарат станции «Венера-7» напоминал огромное яйцо. Если бы мы смогли разрезать его, то увидели бы внутри «желток» — шарообразный герметичный приборный отсек. Выше этого отсека размещался другой — *парашютный*. В нем же была установлена и антенна. Через нее шли на Землю радиосигналы от передатчика, расположенного в приборном отсеке. Под приборным отсеком располагалось *амортизирующее устройство*. Оно предназначалось для смягчения удара аппарата о поверхность планеты.

В плотную атмосферу Венеры автоматический разведчик ворвался с огромной скоростью. Резко возросли перегрузки. Вес каждой гайки, каждого прибора превысил земной в 300—350 раз.

При столкновении спускаемого аппарата с атмосферой перед ним возникла ударная волна. Между нею и корпусом температура почти мгновенно повысилась до 11 000° С. Вокруг аппарата бушевало пламя. Но обгорел лишь толстый слой теплозащитного материала. Благодаря системе терморегулирования в приборном отсеке все время поддерживалась нормальная рабочая температура.

Атмосфера быстро затормозила движение аппарата. Когда его скорость снизилась до 200 м/с, над аппаратом раскрылся купол парашюта. Начался плавный спуск. Атмосферное давление все сильнее сжимало корпус, все выше и выше становилась окружающая температура. Однако парашют, сделанный из теплостойкой ткани, продолжал нести аппарат.

Высота 20 км пройдена. Теперь впереди была неизвестность. Показания термометра продолжали расти: 400, 450 и, наконец, 475° С! И вновь 475°, и че-

рез минуту та же цифра. Рост температуры прекратился, и несколько минут она оставалась неизменной. В то же время скорость аппарата относительно планеты, измеренная по изменению частоты бортового передатчика, стала равной нулю. Все это могло означать лишь одно: аппарат опустился на поверхность Венеры.

Температура около 500° С, давление, близкое к 10 МПа,— условия на поверхности планеты действительно оказались жестокими. При такой температуре обычные стали размягчаются, но сделанный из жаропрочных сплавов корпус спускаемого аппарата станции «Венера-7» не только выдержал «жаркие объятия» планеты, но и обеспечил рабочие условия для приборов станции.

До сих пор путь всех разведчиков Венеры заканчивался на ночной стороне планеты. Спускаемому аппарату новой советской межпланетной станции «Венера-8» предстояло впервые совершить мягкую посадку на освещенную поверхность Венеры. Однако этот дневной «прыжок» спускаемого аппарата станции «Венера-8» оказался значительно сложнее совершенной до этого посадки на ночную сторону планеты.

Надежность радиосвязи между Землей и космическим аппаратом в первую очередь определяется расстоянием между ними. Поэтому станция должна была достичь Венеры до того, как эта планета уйдет далеко от Земли. Так как орбита Венеры расположена ближе к Солнцу, чем орбита Земли, планеты максимально сближаются тогда, когда обе они находятся по одну сторону от Солнца. При этом обращенная к нам неосвещенная сторона Венеры не видна земному наблюдателю. Когда после наибольшего сближения планеты начинают расходиться, часть диска Венеры становится видимой с Земли в форме узкого освещенного серпа. В этот тонкий серп и должен был попасть спускаемый аппарат новой советской межпланетной станции.

Но трудности посадки на освещенную сторону планеты этим не исчерпывались. Если бы полет закончился слишком крутым спуском в атмосфере Венеры, аппарат мог не выдержать возникающих при этом перегрузок; при снижении же по очень пологой траектории он мог пролететь мимо планеты. Значит, аппарат должен был так подойти к планете, чтобы угол входа его в атмосферу был не больше и не меньше заданного. Вот почему район посадки, удобный со всех точек зрения, представлял собой лишь крохотный «пятачок» на и без того мало видимой с Земли освещенной части поверхности Венеры.

Трудно, очень трудно попасть в такую мишень. И тут космическим «стрелкам» — баллистикам на помощь приходит то, что кажется нам главным препятствием,— десятки миллионов километров, разделяющих «стрелков» и «мишень». Это огромное расстояние позволяет успеть по пути к цели скорректировать направление движения станции. Правда, для проведения коррекции траектории необходимо было точно знать, где будет находиться цель — планета, когда к ней приблизится посланец Земли. Астрономы определили положение Венеры в момент встречи с межпланетной станцией. И все же для ювелирной посадки потребовались уточнения. Эти поправки получили путем систематической радиолокации Венеры с Земли во время всего полета.

Баллистики отлично справились с трудной задачей. Спускаемый аппарат станции «Венера-8» опустился точно в назначенное место.

Автоматическая лаборатория начала работать уже во время спуска на парашюте. Впервые на освещенной стороне Венеры измерялись температура и давление атмосферы. Оказалось, что и здесь эти характеристики меняются с высотой почти так же, как и на ночной стороне планеты.

Из чего состоят облака Венеры? Пока на этот вопрос нет однозначного ответа. Некоторые исследователи предположили, что в состав облаков входят соединения, содержащие аммиак. «Венере-8» было поручено проверить эту гипотезу, и она подтвердила, что действительно некоторое количество аммиака в атмосфере Венеры имеется.

В течение всего времени снижения на парашюте «глаза» автоматической лаборатории — ее *фотометр* измерял освещенность. До сих пор ученые сомневались, пробиваются ли солнечные лучи сквозь мощную газовую оболочку планеты и укрывающий ее облачный слой. Сегодня, благодаря полету советской межпланетной станции, мы знаем, что на Венере ночь сменяется днем, во время которого поверхность планеты освещается ослабленным солнечным светом.

Температура, превышающая температуру плавления свинца, давление, как на километровой морской глубине,— такие условия встретили аппарат на поверхности Венеры. После полета станции «Венера-7», уточнившей характеристики венерианской атмосферы, конструкторы на следующей станции снизили прочность спускаемого аппарата, но зато применили более совершенные средства теплозащиты — материалы с очень высокой теплоемкостью. Когда раскаленные газы окутали опустившийся на Венеру аппарат, эти материалы приняли на себя первый удар, отобрав значительную долю тепла и не сразу подпустив его к работающей аппаратуре.

Позаботились конструкторы и о надежности радиосвязи со станцией. Теперь у спускаемого аппарата

Спускаемый аппарат межпланетной станции «Венера».

Автоматическая межпланетная станция «Венера-8».

было две антенны — неподвижно укрепленная в верхней части его корпуса и выносная. После посадки выносная антенна была выброшена на поверхность рядом с аппаратом, и бортовой передатчик периодически переключался с одной антенны на другую. Это было сделано по следующим причинам. Рельеф поверхности в месте посадки был неизвестен. Поэтому спускаемый аппарат мог при посадке наклониться, и радиолуч, посылаемый с основной антенны, миновал бы Землю. В этом случае связь могла вестись через дополнительную выносную антенну.

Около часа работал аппарат на поверхности Венеры. В это время специальный прибор — *гамма-спектрометр* впервые исследовал химический состав ее грунта. Для Венеры такой способ исследования поверхности особенно удобен. Корпус спускаемого аппарата прозрачен для гамма-лучей, поэтому прибор может «рассматривать» грунт, находясь внутри герметичного приборного отсека, под защитой нескольких слоев теплоизоляции. Каким же образом определялся состав венерианского грунта?

В различных горных породах содержатся неодинаковые микроскопические дозы радиоактивных элементов. По этому признаку породы можно отличить друг от друга. А гамма-излучение, возникающее при распаде радиоактивных элементов, выдает их содержание в грунте. Значит, для того чтобы узнать, из чего сложена поверхность планеты в месте посадки, нужно измерить интенсивность и энергию естественного гамма-излучения ее грунта. Это и делал гамма-спектрометр станции «Венера-8». По содержанию радиоактивных элементов венерианские породы оказались очень похожими на земные граниты.

В исследовании Венеры ярко отражаются характерные особенности советской программы исследования небесных тел с помощью автоматических аппаратов. Планомерность и последовательность, постепенное усложнение решаемых задач — этим определяется развитие советской космонавтики. Подтверждением эффективности такого подхода служит полет межпланетной станции «Венера-8».

Человек осваивает Луну

Близкое знакомство с Луной

Штурм Луны начался вскоре после запуска первого советского искусственного спутника Земли. Уже в самом начале 1959 г. в сторону ночного светила стартовала советская автоматическая станция «Луна-1». Это был первый аппарат, который преодолел силы земного тяготения и со второй космической скоростью вырвался в космический простор. Пройдя на расстоянии 6000 км от поверхности Луны, станция вышла из сферы действия земного тяготения и стала первой искусственной планетой Солнечной системы.

Не прошло и года, как новая советская автоматическая станция взяла курс на Луну. Она доставила на поверхность нашего вечного спутника вымпел с изображением Государственного герба Советского Союза. Кроме этого, второй советский лунник положил начало научным исследованиям Луны. Установленный на борту станции магнитометр доказал, что у Луны нет собственного заметного магнитного поля.

Темпы наступления на Луну нарастали. Меньше месяца прошло со времени полета второго лунника, а к Луне уже приближался третий. На этот раз это был *космический фотограф*. Автоматическая станция «Луна-3», облетев Луну, сфотографировала ее обратную сторону и впервые показала ее человеку. Сорок минут длился сеанс космического фотографирования. После автоматической обработки пленки в космической фотолаборатории фотографии были переданы по телевизионному каналу на Землю (см. т. 2 ДЭ, ст. «Луна»).

Первые автоматические станции выводились на траекторию полета к Луне прямо с Земли. Коррекций траекторий в полете не было. При этом надо было с точностью до 1 с выдержать время старта и обеспечить высокую точность выполнения программы всеми ступенями ракеты-носителя, чтобы к моменту выключения двигателей размер и направление скорости станции строго соответствовали расчетным. Малейшее отклонение значений этих величин от заданных могло привести к огромному промаху при полете к такой дальней цели, как Луна. Кроме того, при старте к Луне непосредственно с Земли приходилось выбирать не самые выгодные с точки зрения затрат топлива траектории полета.

Поэтому все последующие советские автоматические станции начинали полет к Луне по другой схеме. Вначале мощная ракета-носитель доставляла станцию вместе с разгонным ракетным блоком,— проще говоря, с меньшей космической ракетой — на орбиту искусственного спутника Земли; затем в нужное время происходил следующий старт, и станция переходила на траекторию полета к Луне. Если эта траектория отличалась от расчетной, на помощь приходил корректирующий двигатель, установленный на станции.

Первое прилунение

Успех первых полетов доказал реальность и своевременность постановки очередной задачи — осуществления мягкой посадки на Луну. В следующих полетах отрабатывались методика, аппаратура и системы управления мягкой посадки.

И вот наступило 3 февраля 1966 г. В этот день земной аппарат уже не просто достиг поверхности Луны, а мягко прилунился в Океане Бурь. Посадку совершила советская автоматическая станция «Луна-9».

Когда станция приблизилась к Луне на расстояние 8300 км, она была сориентирована таким образом, что сопло ее тормозной двигательной установки смотрело на центр Луны. Такое положение станции автоматически поддерживалось еще час. Когда до Луны оставалось всего около 75 км, включилась тормозная двигательная установка. Ее огненные струи, направленные на лунную поверхность, смягчили падение станции.

Станция «Луна-9» несла специальный посадочный аппарат — автоматическую лунную станцию. Во время торможения эластичная оболочка, в которую был заключен посадочный аппарат, наполнилась газом из баллонов и превратилась в большой упругий шар. Смягчив удар о лунную поверхность, оболочка распалась на половины, освободив автоматическую лунную станцию. Покачавшись на месте, как ванька-встанька, станция оказалась в устойчивом рабочем положении. Верхняя часть ее корпуса раскрылась, образовав четыре лепестковые антенны. Распрямились штыревые антенны, и стало казаться, что на безжизненной лунной поверхности распустился экзотический цветок.

Установленная на верхней части посадочного аппарата телевизионная камера приступила к съемке первой круговой панорамы лунного ландшафта. На следующий день лунный пейзаж занял первые полосы газет всех стран мира. Люди впервые видели Луну так, как если бы сами побывали на ее поверхности.

«Луна-9» рассказала лишь об одном маленьком участке поверхности Луны. Чтобы иметь ясное представление о Луне, необходимы были длительные наблюдения ее с близкого расстояния. Такие наблюдения мог провести только искусственный спутник Луны. Запуск первого лунного спутника был осуществлен в Советском Союзе 31 марта 1966 г. Если скорость станции «Луна-9» при торможении должна была уменьшиться практически до нуля, то скорость сле-

дующей станции — «Луны-10» должна была снизиться существенно меньше и обеспечить ее выход на окололунную орбиту. Несоблюдение заданных условий торможения могло привести либо к пролету станции «Луна-10» мимо цели, либо к значительным отклонениям параметров окололунной орбиты от расчетных.

Работа систем станции была безупречной, и в апреле 1966 г. у Луны появился первый собственный искусственный спутник.

Научная аппаратура, установленная на станции, провела широкие исследования Луны. Однако более полные сведения о лунных породах могли дать только прямые измерения специальными приборами. Такие приборы были установлены на станции «Луна-13».

Автоматы исследуют лунный грунт

Посадочный аппарат станции «Луна-13» совершил мягкую посадку 24 декабря 1966 г. Рядом с лепестками антенн две полутораметровых «руки» опустили на лунную поверхность *грунтомер-пенетрометр* и *радиационный плотномер.*

В любой строительной лаборатории пенетрометр — один из самых употребительных приборов. Им определяют твердость материалов. Устройство измерителя несложно: в течение определенного времени с определенным усилием он погружает в материал стальную иглу. По глубине проникновения иглы и судят о твердости материала.

Лунный грунтомер-пенетрометр в принципе не отличался от лабораторного. Только иглу заменил конус из титана, а нужное усилие создавалось привычным для космических аппаратов способом — реактивной тягой. Маленький пороховой ракетный двигатель вдавливал конус в грунт с усилием, в 100 раз превышающим «лунный» вес самого прибора. На корпусе грунтомера укрепили *электрический потенциометр,* а его движок связали с подвижной частью прибора. Таким образом ход конуса преобразовывался в электрическую величину и мог быть передан на Землю по радиолинии.

Определить, каково вещество, зная только его твердость, невозможно. Например, минерал флюорит и медь на шкале твердости характеризуются одной и той же цифрой, а сколь различны они по другим свойствам! Скажем, по плотности. Этот показатель — один из важнейших при описании материала. «Луна-13» измерила и эту величину. Земной способ взвешивания определенного объема вещества здесь был непригоден. Помогла радиоактивность. В радиационном плотномере были установлены источник радиоактивного излучения и счетчики заряженных частиц. Часть излучения поглощал грунт, а другая часть после многократного рассеивания в нем возвращалась и регистрировалась счетчиками. Плотность грунта строго зависела от количества вернувшихся частиц.

Спустя четыре месяца после «Луны-13» поверхность ночного светила потревожил ковш миниатюрного экскаватора, установленного на американском аппарате «Сервейер-3». Игрушечный ковш не только рыл траншеи в лунном грунте, но и с определенным усилием разбивал комки, извлеченные им самим из небольшой глубины.

Полеты советских и американских автоматических станций к Луне продолжались. Автоматы рассказывали о покрове Луны много важного и интересного. Мы узнали, что его складывают породы, похожие на земной слежавшийся песок, и определили его плотность. Мы перестали страшиться лунной пыли и обрели уверенность в достаточной прочности лунной поверхности для посадки тяжелых аппаратов. Перед тем как человек ступил на Луну, к ней для исследований было запущено более 40 американских и советских автоматических станций. Автоматы-разведчики проложили человеку дорогу к Луне.

Человек на Луне

Первыми увидели Луну с селеноцентрической орбиты американские космонавты Ф. Борман, Д. Ловелл, У. Андерс (декабрь 1968 г.). Затем последовал еще один испытательный полет к Луне с космонавтами Т. Стаффордом, Д. Янгом, Ю. Сернаном. В июле 1969 г. с американского космодрома на мысе Канаверал к Луне стартовала ракета-носитель «Сатурн-5» с кораблем «Аполлон-11». На его борту были три космонавта — Н. Армстронг, М. Коллинз и Э. Олдрин.

Корабль «Аполлон» состоит из трех частей: *отсека экипажа,* или *спускаемого аппарата,* и еще двух отсеков — *служебного* и *лунного.* В этом космическом поезде «локомотивом» является служебный отсек. В нем установлен двигатель, выполняющий роль и ускорителя, и космического тормоза. Лунный отсек служит для посадки космонавтов на Луну и возвращения их обратно на селеноцентрическую орбиту. «Восьмигранное основание поддерживается четырьмя веретенообразными стойками-ногами. На это основание поставлено сооружение, отдаленно напоминающее голову человека... Люк похож на рот человека, а треугольные иллюминаторы выглядят как два глаза» — так описывала лунный отсек одна из американских газет.

После выхода на окололунную орбиту и маневров на ней лунный отсек «Орел» с космонавтами Армстронгом и Олдрином на борту отделился от корабля и начал снижаться. «Аполлон-11», управляемый Коллинзом, продолжал свой полет вокруг Луны.

Благополучно спустившись на Луну, космонавты стали готовиться к выходу. 21 июля 1969 г. в 5 ч 56 мин на поверхность Луны ступил первый человек. Это был Нейл Армстронг. Затем к нему присоединился Эдвин Олдрин. Установив на Луне научные приборы и собрав образцы лунного грунта, экипаж вернулся в кабину. Через несколько часов взлетная ступень «Орла» оторвалась от его посадочной части и вышла на орбиту вокруг Луны. После стыковки с кораблем взлетная ступень лунной кабины отделилась от него и осталась в космосе. Вскоре, покинув селеноцентрическую орбиту, «Аполлон-11» направился к Земле. 24 июля спускаемый аппарат корабля успешно приводнился в водах Тихого океана. Так закончился первый рейс человека на Луну.

По пути, проторенному первым экипажем лунопроходцев, через несколько месяцев отправился следующий корабль — «Аполлон-12». Космонавты Ч. Конрад, Р. Гордон и А. Бин привезли с Луны еще одну порцию лунного грунта для анализов и исследований.

Рейс «Аполлона-13» весной 1970 г. напомнил всем, что космические дороги полны неожиданностей и опасностей. Авария на корабле заставила руководителей полета изменить его маршрут. Вместо посадки на Луну экипаж совершил ее облет и, проявив выдержку и мужество, благополучно вернулся на Землю.

После этого экипажи еще четырех «Аполлонов» побывали на Луне. Во время последних экспедиций исследователи путешествовали по лунной поверхности не только пешком, но и на специальном электромобиле. Американская программа исследования Луны с помощью пилотируемых кораблей была завершена рейсом «Аполлона-17».

Лунник возвращается на Землю

В сентябре 1970 г. полет на Луну и обратно совершила советская автоматическая станция «Луна-16». Ее конструкция была принципиально новой. Как и предыдущие лунники, она должна была мягко опуститься на поверхность нашего естественного спутника, а затем сделать то, чего до нее не делал ни один космический автомат,— вернуться с Луны обратно на Землю. Поэтому вместе с посадочной ступенью в космическое путешествие отправилась и ракета «Луна — Земля».

Ракета «Луна — Земля» внешне напоминает уменьшенный в размерах замечательный космический корабль первых космонавтов — «Восток». И не только внешне. Начнем с возвращаемого аппарата. И здесь и там это шар, только в одном размещалось кресло космонавтов, а в другом — контейнер для лунного грунта. В обоих случаях в возвращаемый аппарат укладывались парашюты и пеленгационные передатчики для облегчения поиска аппарата. Как у «Востока», так и в ракете «Луна — Земля» за приборным отсеком следует двигательный.

Вспомним фотографии космических стартов. Часто даже громада самой ракеты теряется среди сооружений, обслуживающих старт. Но ведь нечто подобное нужно и для отлета с Луны. Однако космодромов на Луне еще не построили. Стартовой площадкой для взлета ракеты «Луна — Земля» с Луны послужила посадочная ступень.

Станция должна была привезти с Луны бесценный груз. А как взять грунт с поверхности Луны и заложить в контейнер возвращаемого аппарата? Для этого станцию оснастили специальным *грунтозаборным устройством*. Даже геологи с трудом узнают в этом механизме знакомую им установку для разведочного бурения.

Лунный бур — металлическая трубка с режущей нижней кромкой. Электродвигатель вращает бур, и он же перемещает его вниз и вверх. Так работает буровой механизм. Расположен лунный бур на конце выносной штанги — механической руки, которая тянется от посадочной ступени до возвращаемого аппарата. Штанга подвижна: ее можно опустить к лунной поверхности, она способна двигаться вправо и влево.

Станция прилунилась в Море Изобилия. После проверки систем станции Центр дальней космической связи отдал приказ: «Взять лунный грунт!» Раскрылся замок, удерживавший во время полета буровой механизм около возвращаемого аппарата, и электродвигатель перевел штангу грунтозаборного устройства в вертикальное положение. Зажужжал другой двигатель и повернул штангу так, чтобы при ее опускании бур смотрел на лунную поверхность. Новый щелчок командных реле — и буровой механизм медленно опускается на лунную поверхность.

Бур, вращаясь, вгрызается в породу и заполняется ею. Вновь штанга совершает сложные движения, но теперь в обратном порядке. И вот уже бур с грунтом входит в контейнер возвращаемого аппарата. По команде с Земли бур, наполненный породой, отделился от бурового механизма, и крышка контейнера автоматически захлопнулась. Погрузка лунного грунта закончена.

Теперь — домой! Последняя проверка состояния ракеты, и в точно назначенное время — старт. Ослепительная вспышка осветила посадочную ступень, навсегда оставшуюся на Луне. Набирая скорость, ракета «Луна — Земля» рванулась к Земле. После трех дней пути отделившийся от ракеты возвращаемый аппарат ворвался в атмосферу Земли.

«Луна-9» впервые совершила мягкую посадку на Луну.

Внизу: посадочный аппарат автоматической станции «Луна-9».

Так происходила посадка «Луны-9». Станция «Луна-9» несла посадочный аппарат — автоматическую лунную станцию. Во время торможения эластичная оболочка, в которую был заключен посадочный аппарат, наполнилась газом и превратилась в большой упругий шар. Смягчив удар о лунную

И вот лунный грунт на Земле! Впервые автоматический аппарат выполнил такое сложное задание. Но то, что еще недавно казалось чудом, не удовлетворяло теперь ученых. Выяснив, из каких пород состоит «морская» поверхность, они захотели узнать, из чего сложены лунные материки. И очередной космический геолог — автоматическая станция «Луна-20» отправилась в лунные горы. Несмотря на сложные условия посадки на Луне, полет был успешным. Вскоре ученые смогли положить под микроскоп частицы лунного материка. И хотя место, откуда не так давно стартовала к Земле станция «Луна-16», находилось всего лишь на 130 км южнее посадочной площадки станции «Луна-20», сравнение образцов грунта, взятых с этих участков, было для науки чрезвычайно интересным.

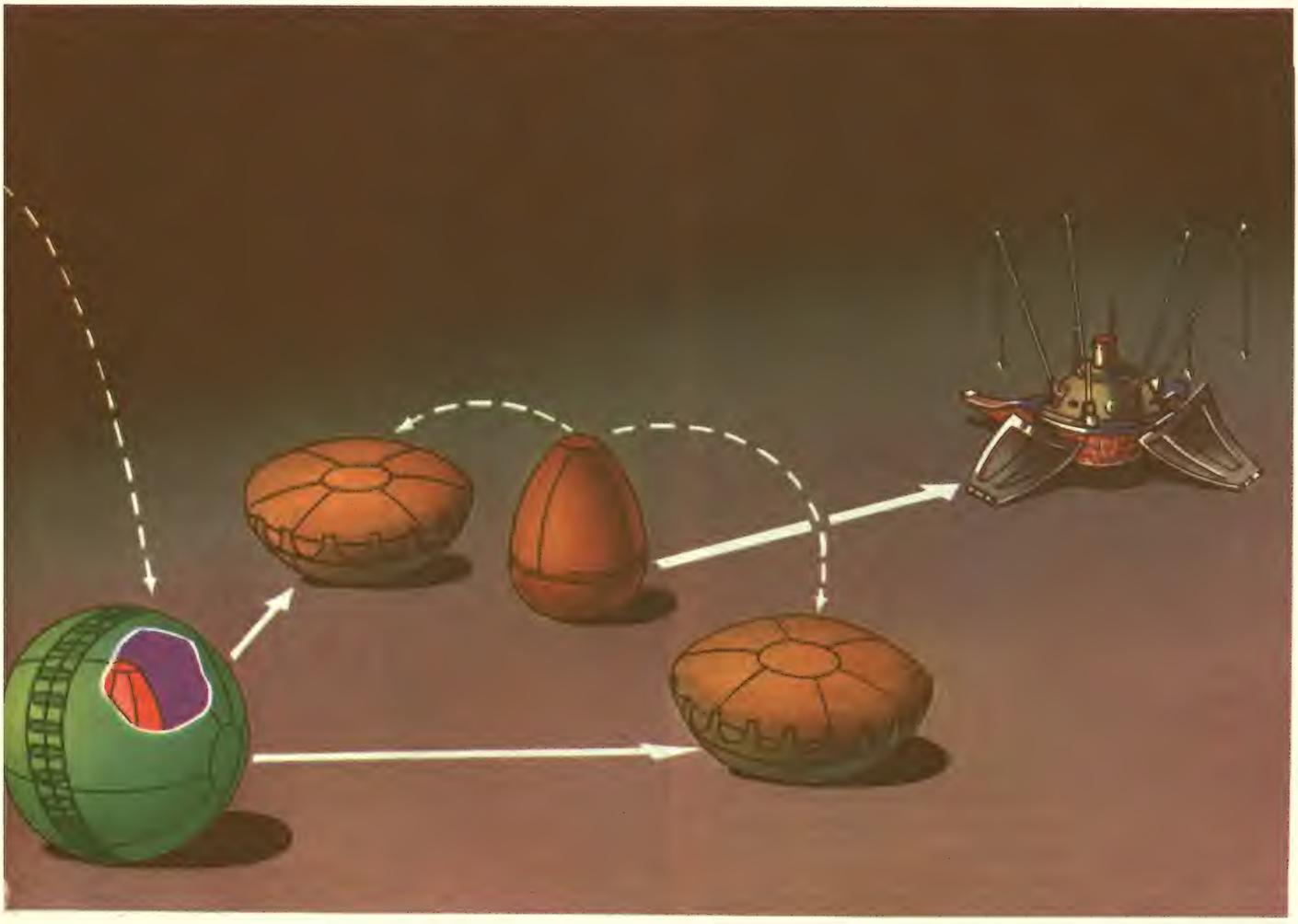
Первые лунные путешествия

17 ноября 1970 г. советская автоматическая станция «Луна-17» доставила на поверхность Луны передвижную лабораторию «Луноход-1».

Вездеходы самых немыслимых конструкций давно уже бороздили «лунные моря», переправлялись че-

поверхность, оболочка распалась, освободив автоматическую лунную станцию. Верхняя часть ее корпуса раскрылась, образовав четыре лепестковые антенны. Потом распрямились штыревые антенны, и станция оказалась готовой к работе.

Внизу: изучение лунного грунта.



рез бездонные трещины, ползли по крутым стенкам кратеров. Только Луна эта была на... Земле.

Создать на нашей планете жесткие лунные условия трудно. Но проектировщики испытательных лунных полигонов построили кратеры и глубокие пропасти, нагромождения валунов и скалистые горы. И все же самым большим препятствием на пути конструкторской мысли была неизвестность.

Металлические гусеницы, пластмассовые шары, шнековые движители, напоминающие чудовищных червяков, неловко шагающие голенастые «ноги» — на чем только не передвигались лунные вездеходы! Не последнее место среди испытываемых движителей занимало и старое простое колесо. Неожиданно оно оказалось надежнее гусениц и других движителей.

И вот колеса первого лунохода проложили трассы в Море Дождей. При взгляде на «Луноход-1» пора-

Автоматическая станция «Луна-16».

жало несоответствие: невысокие хрупкие с виду колеса несут на себе большой тяжелый контейнер — приборный отсек. Непонятно было, как может тележка выдержать такую тяжесть. И только потом доходило до сознания: это же луноход, а на Луне предметы весят в 6 раз меньше.

«Луноход-1» действительно мало напоминает обычные современные виды транспорта. Простая тележка, спицы в колесах, усеченный конус приборного контейнера. Каждое колесо лунохода вращается собственным электродвигателем, каждое имеет собственный тормоз. Только так можно было добиться высокой маневренности аппарата.

Почему применили электродвигатель? Да потому, что это единственный двигатель, для которого на Луне есть «горючее». Его в неограниченных количествах поставляет Солнце. Когда-нибудь солнечные батареи уступят место более совершенным источникам энергии, а пока это неизбежная принадлежность космических автоматов-долгожителей. Повлияла на выбор двигателя и простота управления электрической машиной.

Глубокий космический вакуум заставил сделать приборный отсек герметичным, резкая смена температур — от 130-градусной жары лунным днем до 170-градусного мороза ночью — создать сложную автоматическую систему терморегулирования. Кроме того, приборы лунохода надо было защитить от повышенного уровня радиации.

Старт ракеты-носителя «Сатурн-5» с космическим кораблем «Аполлон».

Американский космонавт Джеймс Ирвин около лунного электромобиля на Луне.

На внутренней стороне верхней крышки приборного отсека укреплены элементы солнечной батареи. Эта крышка может быть поднята на любой угол до полного открытия в горизонтальном положении. Изменяя угол наклона солнечной батареи, можно регулировать силу тока подзаряда химических источников электроэнергии.

Луноход мог не только двигаться вперед и назад, но и поворачиваться. Делал он это так же, как и земной гусеничный транспорт: колеса на одной стороне аппарата вращались, а на другой — тормозились. Это обеспечивало высокую маневренность.

«Луноход-1» не лез «очертя голову» в любой кратер и не карабкался на недоступные скалы. При превышении допустимых углов наклона аппарат автоматически останавливался.

Лунным днем автоматическая система терморегулирования отводила тепло от аппаратуры, размещенной в приборном отсеке, а ночью подогревала газ внутри отсека.

«Глаза» лунохода — телевизионные камеры. Осматривая дорогу, они все увиденное передают своему экипажу. Рабочие места командира, штурмана, водителя, радиста и борт-инженера лунохода находились за сотни тысяч километров от их машины — у пультов Центра дальней космической связи. Отсюда экипаж по радио управлял аппаратом. Это было нелегко. Ведь за время, которое радиосигнал идет к Луне и ответ лунохода об исполнении команды возвращается обратно, передвижная лаборатория успевала пройти несколько метров.

Местность вокруг лунохода была крайне бедна заметными ориентирами. И все же экипаж вел свою машину строго по намеченному маршруту. Так, после длительной прогулки по Морю Дождей аппарат вновь был выведен точно к месту посадки станции «Луна-17». И при этом новой дорогой. Какие же приборы и системы помогали штурману лунного транспорта вести машину?

На Земле ни один морской или воздушный корабль, ни одна экспедиция не обходятся в пути без компаса. На Луне же его магнитная стрелка была бы совершенно бесполезной. Как мы уже говорили, у Луны нет заметного магнитного поля. Зато на ее поверхности легко ориентироваться по звездам, Солнцу и... Земле. Ведь в лунном небе не бывает облаков, затрудняющих наземные наблюдения светил.

Для астрономической навигации на «Луноходе-1» использовались две телевизионные камеры — *астрономические телефотометры*. С их помощью аппарат «видел» Солнце и Землю. Переданные в Центр дальней космической связи изображения этих самых крупных на лунном небосводе светил помогали штурману определить местонахождение и направление движения лунохода.

А как же поступали, если это направление изменялось? Как узнавали, точно ли выполнил аппарат приказ водителя? Истинный угол поворота самоходной тележки определялся с помощью *курсового гироскопа* (см. ст. «Техника помогает водить самолеты»). При повороте лунохода ось вращающегося гироскопа все время оставалась в исходном положении, тогда как корпус герметичного отсека, в котором был установлен прибор, перемещался относительно нее. При этом вырабатывался электрический сигнал, значение которого зависит от угла поворота тележки. Теперь оставалось только передать этот сигнал по радио на Землю и там расшифровать.

Однако для штурманской прокладки трассы недостаточно было знать, где находится аппарат в данный момент и куда он направляется. Нужно было еще определить расстояние, пройденное луноходом, и рельеф местности. Путь, проделанный самоходной лабораторией, подсчитывался по количеству оборотов колес, на каждом из которых были установлены для этого специальные датчики. Если на каком-нибудь участке трассы машина буксовала, в расчеты вносилась поправка. Она определялась количеством оборотов свободно катящегося, не буксующего девятого колеса.

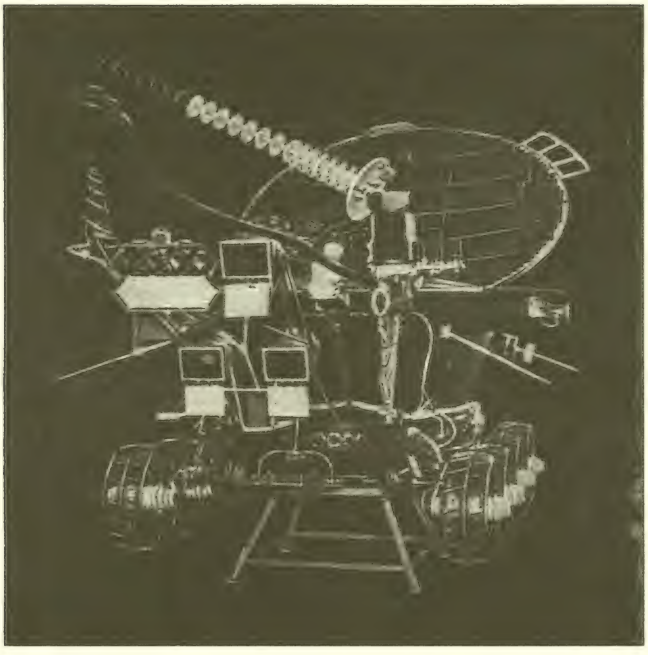
О каждом, даже незначительном, наклоне экипажу сообщал еще один гироскопический датчик — так называемая *гировертикаль*.

Десятки панорам окружающей местности переданы с борта лунохода на Землю. Эти необыкновенные снимки, полученные с помощью телефотометров, не уступают по четкости лучшим земным фотографиям.

У лунного путешественника было много разных специальностей. Установленный на его корпусе *прибор для определения физико-механических свойств грунта* систематически определял прочность и плотность лунных пород. Главная деталь этого прибора — *конусный лопастный штамп* мог не только с определенным усилием погружаться в грунт, но и поворачиваться там. Это уже не тот простой *пенетрометр*, который привозила сюда станция «Луна-13».

Одной из самых важных задач лунохода было определить химический состав грунта. Автоматический исследователь «спрашивал» Луну и получал от нее ответы на языке излучений. Это очень удобно: аппарат исследовал лунные породы, не нарушая их целостности. Покрытая радиоактивными изотопами пластина облучала грунт рядом с луноходом, и каждый химический элемент — железо или алюминий,

Самоходный аппарат «Луноход-2», доставленный на Луну советской автоматической станцией «Луна-21».



Экипаж «Лунохода-2» управляет лунной лабораторией с Земли.

сера или кальций — откликался на облучение собственным «голосом». Находя элемент в составе породы, прибор точно оценивал и его количество.

На луноходе был установлен *лазерный светоотражатель*. По времени путешествия лазерного луча, посланного с Земли и отраженного обратно отражателем лунохода, ученые точно измерили расстояние от Земли до Луны.

«Луноход-1» занимался и астрофизикой. Прямо в зенит были направлены датчики установленного на нем *рентгеновского телескопа*. Так как земная атмосфера не пропускает рентгеновские лучи, космическое рентгеновское излучение стали изучать только после появления ракет и искусственных спутников Земли. Развивающаяся рентгеновская астрономия поможет решить многие проблемы происхождения и развития звезд и галактик. Такие лучи идут к нам из предполагаемых мест рождения сверхновых и новых звезд. Возможно, именно там находятся и таинственные нейтронные звезды — невидимые тела чудовищной плотности. «Увидеть» их может только рентгеновский телескоп.

В рентгеновском телескопе «Лунохода-1» нет обычных для оптических инструментов линз и зеркал. Вместо них — счетчики частиц. Попадая в счетчик, частицы (рентгеновские кванты) вызывают в нем импульсы электрического тока. Регистрирующая система телескопа подсчитывала эти импульсы и посылала результат в запоминающее устройство. Затем полученные данные по радио передавались на Землю.

На автоматической лунной лаборатории был установлен и *радиометр*. Этот прибор измерял различные характеристики потоков солнечных и галактических космических лучей.

Почти год длилась лунная экспедиция первой автоматической самоходной лаборатории. За это время ученые узнали о Луне много нового, а конструкторы лунохода накопили богатый опыт эксплуатации первого образца инопланетного транспорта. Как инженеры использовали результаты этих испытаний, стало ясно, когда в январе 1972 г., теперь уже в Море Ясности, сделал первые шаги «Луноход-2». Его доставила на Луну автоматическая станция «Луна-21».

Новый луноход стал лучше «видеть». Конструкторы увеличили обзор, подняв повыше одну из телевизионных камер. Телевизионные кадры на экране водителя стали сменяться чаще. Движение стало нагляднее, ощутимее, словно водителя и лежащую в 400 тыс. км от него «дорогу» разделяет лишь стекло в окошке телевизора. И новый луноход пошел быстрее. Он разворачивался на ходу, свободнее выполнял команды экипажа. Только в начале движения всего за одну ночь новая самоходная лаборатория продвинулась более чем на 1 км. А ведь «Луноход-1» за 5 суток, составивших его первый лунный день, одолел всего около 200 м.

На втором луноходе, так же как и на первом, установлены приборы для изучения химического состава и физико-механических свойств лунного грунта. Но «Луноход-2», в отличие от своего предшественника, не только исследовал морскую поверхность, но и вышел к лунным горам. Новая самоходная лабора-

тория оборудована и некоторыми оригинальными научными приборами. Они измеряют освещенность лунного неба (от этого зависит, насколько лучше, чем на Земле, будут «видеть» установленные на Луне астрономические инструменты) и намагниченность отдельных участков лунной поверхности.

Человечество только приступает к изучению естественного спутника Земли. Но как за Великими географическими открытиями всегда следовали заселение и освоение новых земель, так и за исследованиями Луны последует использование ее богатств на благо всего человечества.

От орбитальных станций к «эфирным поселениям»

Искусственные спутники Земли оказывают большую помощь науке и народному хозяйству. Однако каждый спутник работает строго по заложенной в него на Земле программе. Совместить разные специальности, создать спутник, работающий в разных областях знаний, очень трудно. Кроме того, автомат на орбите не способен правильно оценить и проанализировать новое, «непонятное» для него явление и, уж конечно, не сумеет принять не предусмотренные программой решения.

Все это может делать человек. Но время пребывания космического корабля на околоземной орбите ограничено запасами топлива, воды, пищи и другого необходимого снаряжения.

Где же выход? Ответ на этот вопрос можно найти в трудах К. Э. Циолковского. Уже в начале нашего века ученый наметил пути создания *орбитальных станций*, мечтал об устройстве «эфирных поселений».

Что же такое орбитальная станция? Во-первых, это тяжелый искусственный спутник Земли. От обычных космических аппаратов орбитальную станцию отличает прежде всего способность проводить большой комплекс исследований, обеспечивая при этом все необходимые условия для жизни и работы космонавтов и ученых.

Предполагается, что орбитальные станции в будущем, как и современные дома, будут собираться в космосе из типовых блоков. Вначале ими могут быть отсеки космических кораблей или отдельные ступени ракет-носителей, а затем и специально разработанные конструкции. Части станции будут доставляться на околоземные орбиты мощными ракетами и там стыковаться. Отдельные жилые отсеки будут герметичными, с многослойной обшивкой, поэтому попадание даже крупных метеорных частиц не выведет всю станцию из строя.

Длительное пребывание в невесомости может отразиться на здоровье членов экипажа. Поэтому в некоторых проектах предусматривается создать в космосе искусственную силу тяжести. Земное притяжение космонавтам заменит центробежная сила, возникающая при медленном вращении станции. Этим во многом определяется и форма будущих орбитальных станций. Предполагаются самые различные конструкции: огромные «бублики» и «гантели», «колеса», «звезды» и др.

Орбитальная станция сможет летать вокруг Земли годами. Поэтому так же, как сменяются составы экспедиций полярников, будут регулярно сменяться и их экипажи. На трассе «Земля — орбитальная станция» будут регулярно курсировать специальные транспортные космические корабли. На крупных станциях для них можно будет оборудовать несколько причалов.

Для отправки пилотируемых космических кораблей в далекие межпланетные рейсы очень выгодно иметь космодромы на околоземных, а еще лучше, на окололунных орбитах. На этих «промежуточных станциях» прибывшие с Земли корабли перед дальней дорогой смогут заправляться горючим. На таких базах можно оборудовать стапели для сборки огромных межпланетных лайнеров, так как вывести такой корабль в космическое пространство с Земли будет просто не под силу даже самой мощной ракете-носителю. Большие долговременные орбитальные станции станут настоящими «космодромами в космосе».

Подготовку к полету космонавты тоже будут проходить на борту орбитальных баз. В условиях реального космического полета по околоземной орбите можно будет поставить сложные медицинские и биологические эксперименты, здесь астронавты научатся работать в открытом космосе.

Долговременную орбитальную станцию необходимо создавать последовательно, этап за этапом.

Сборку станции на орбите невозможно осуществить, не овладев различными способами маневрирования и стыковки в космосе. Поэтому еще в начале 60-х годов в СССР были запущены первые бес-

пилотные маневрирующие космические аппараты «Полет-1» и «Полет-2». В совместных полетах космических кораблей типа «Восток», а затем и «Союз» также осваивались методы взаимного маневрирования и сближения.

В конце 1967 г. была впервые выполнена автоматическая стыковка и расстыковка искусственных спутников Земли «Космос-186» и «Космос-188». В 1969 г. корабли «Союз-4» и «Союз-5» образовали на орбите первую экспериментальную космическую станцию. За стыковкой последовала космическая пересадка. Космонавты Е. Хрунов и А. Елисеев перешли из корабля в корабль через открытый космос. В следующем совместном полете трех «Союзов» отрабатывались способы управления сразу несколькими космическими кораблями.

19 апреля 1971 г. радио сообщило: «В полете орбитальная научная станция «Салют»!» Несколько дней станция провела на орбите в одиночестве. 23 апреля к ней «причалил» космический корабль «Союз-10» с космонавтами В. Шаталовым, А. Елисеевым и Н. Рукавишниковым на борту. После стыковки и тщательной многочасовой проверки стыковочного механизма корабль отошел от станции и благополучно вернулся на Землю. Станция одна продолжала полет по орбите.

7 июня на борт станции ступили прибывшие на корабле «Союз-11» космонавты Г. Добровольский, В. Волков и В. Пацаев. Станция стала пилотируемой.

А теперь давайте познакомимся с устройством «Салюта». Прежде всего поражают размеры орбитальной научной лаборатории. Ее длина вместе с транспортным кораблем — 23 м, масса — около 25 т. Свободный объем герметичных отсеков — 100 м^3.

Только на большой станции можно создать максимум удобств для ее обитателей, обеспечить им возможность нормально (насколько это вообще возможно в космосе) жить и работать, проводить серьезные научные эксперименты.

Совершим воображаемую экскурсию по «Салюту». Из космического корабля, минуя *стыковочный узел*, попадаем в *цилиндрический переходный отсек* орбитальной станции (диаметр — 2,1 м). В нем размещены часть научной и фотографической аппаратуры, а также пост управления телескопом «Орион». Затем попадаем в главное помещение космического дома — в *рабочий отсек*. Эта самая большая часть станции состоит из двух цилиндров, соединенных конической частью. Один цилиндр диаметром 2,9 м, другой — 4,15 м.

В цилиндре меньшего диаметра два рабочих кресла. Перед ними — центральный пульт управления станцией, на котором сосредоточено управление основными бортовыми системами и частично научной аппаратурой. Там же оборудовано еще два рабочих места. Они расположены около круглых иллюминаторов. Всего в отсеке 15 таких окошек. Через них можно видеть земную поверхность и черное небо с яркими звездами, вести кино- и фотосъемку. Рядом с каждым рабочим местом — пульты космонавтов с многочисленными кнопками, клавишами и переключателями. Во время полета с этих пультов проводилось управление движением станции и положением ее в космическом пространстве. В этом же отсеке космонавты проводят свой досуг, едят. Здесь имеется библиотечка.

Двигаемся дальше. В конической части рабочего отсека расположено оборудование для физических упражнений космонавтов, их «стадион», а также приборы и средства для медицинского контроля. По самодвижущейся дорожке можно совершать легкие прогулки и даже пробежки.

Полеты космических кораблей помогли выяснить, что длительная невесомость таит в себе много неожиданностей. В условиях, когда почти полностью отсутствуют физические нагрузки, кости теряют кальций и становятся хрупкими, из организма выводится много воды — гораздо больше, чем на Земле.

Чтобы избежать нежелательных последствий невесомости, космонавтов орбитальной станции «Салют» снабдили специальными нагрузочными костюмами. Эластичные упругие элементы костюмов заставляют космонавта прикладывать определенные физические усилия при каждом движении.

В рабочем отсеке мы видим и специально оборудованные спальные места. На них спящий закрепляется ремнями в удобной для него позе. Здесь же размещены холодильник, запасы воды, пищи, а также устройство для разогревания еды. За стеной рабочего отсека расположена корректирующая двигательная установка. С ее помощью станция выполняет маневры на орбите.

Орбита станции сравнительно низка: немногим более 200 км. На этой высоте еще чувствуется сопротивление атмосферы. Поэтому время от времени нужно корректировать орбиту — «поднимать» ее. Придав «Салюту» с помощью микродвигателей ориентации необходимое положение в пространстве, космонавты включают двигательную установку, и станция переходит на новую, более высокую орбиту.

Для работы оборудования станции и ее научной аппаратуры необходимо много электроэнергии. Ее поставляет Солнце. Установленные на переходном и двигательном отсеках панели солнечных батарей

распластались в космосе словно огромные крылья. Их площадь — 28 м^2.

Экипаж орбитальной станции «Салют» вел большую научную работу. На ее борту находились гамма-телескоп и астрономический комплекс «Орион», исследовавший спектры далеких звезд. Впервые за пределами земной атмосферы работала такая астрономическая обсерватория. Другие приборы регистрировали и анализировали различного рода излучения земной поверхности и атмосферы, в том числе и невидимые.

Огромное значение в полете орбитальной станции придавалось медицинским исследованиям. Занимались космонавты и, казалось бы, такой далекой от их профессии наукой, как биология.

Даже из этого краткого и неполного перечня видно, сколь широк был круг научных интересов космонавтов. Их космический полет продолжался более 3 недель. За это время героический экипаж «Салюта» полностью выполнил программу исследований.

Во время возвращения на Землю в транспортном корабле «Союз-11», полностью выполнив задание Родины, космонавты Г. Добровольский, В. Волков и В. Пацаев трагически погибли. Имена героев навеки останутся в памяти нашего народа.

Рассказ об орбитальной станции хочется закончить словами космонавта В. Шаталова: «Полет трех советских космонавтов имеет огромное научное и практическое значение. Мы, советские космонавты, понимаем, что дорога в космос неизведанна, трудна и сложна. Но ничто не может остановить дальнейшее развитие и совершенствование космической техники, стремление человека к познанию тайн Вселенной».

14 мая 1973 г. на орбиту была выведена первая американская орбитальная станция «Скайлэб». На ее борту не было космонавтов. Сначала следовало убедиться в том, что их пребывание в космосе будет безопасным. Небесную лабораторию (так переводится название станции) создали на базе третьей ступени ракеты «Сатурн-5». В баке для горючего диаметром около 7 м оборудовали жилое и рабочее помещения, бак окислителя переделали в емкость для отходов. Соединенные со станцией причальная конструкция и шлюзовая камера увеличили ее вес до 77 т и длину — до 25 м.

На орбите «Скайлэб» должен был «расправить крылья» — раскрыть две панели солнечной батареи размахом около 30 м. Но по пути в космос не обошлось без происшествий: во время подъема одна панель солнечной батареи оторвалась, а вторая — не раскрылась. На этом участке, кроме того, был сорван противометеоритный экран. Вследствие этого температура в космическом доме резко повысилась. Возникли сомнения: можно ли посылать на станцию космонавтов? И все же космический корабль «Аполлон» с экипажем в составе Ч. Конрада, П. Вейца и Д. Кервина был запущен, и 26 мая была произведена его стыковка со станцией.

После стыковки астронавты не спешили покинуть корабль и перейти в орбитальную станцию. Сначала нужно было раскрыть оставшуюся целой панель солнечной батареи. Для этого надо было выйти в открытый космос и по корпусу станции добраться к панели. Правда, можно было и «подъехать» к батарее на космическом корабле. Этот путь и избрали американские астронавты.

Высунувшись по пояс из люка корабля, летящего рядом со станцией, одетый в скафандр П. Вейц резаком и багром попробовал освободить панель. Попытка не удалась. Тогда астронавты раскрыли над станцией «солнечный зонтик» — привезенный ими с Земли теплозащитный экран. Температура в космической лаборатории понизилась, и астронавты смогли приступить к работе.

«Скайлэб» не зря называли космической лабораторией. На его борту было установлено много приборов для научных исследований.

Интересно, что некоторые эксперименты были предложены американскими школьниками.

Задолго до полета Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США объявило конкурс среди учащихся средних школ на разработку научных экспериментов для проведения их на станции «Скайлэб». Из нескольких тысяч предложений было отобрано всего только 25.

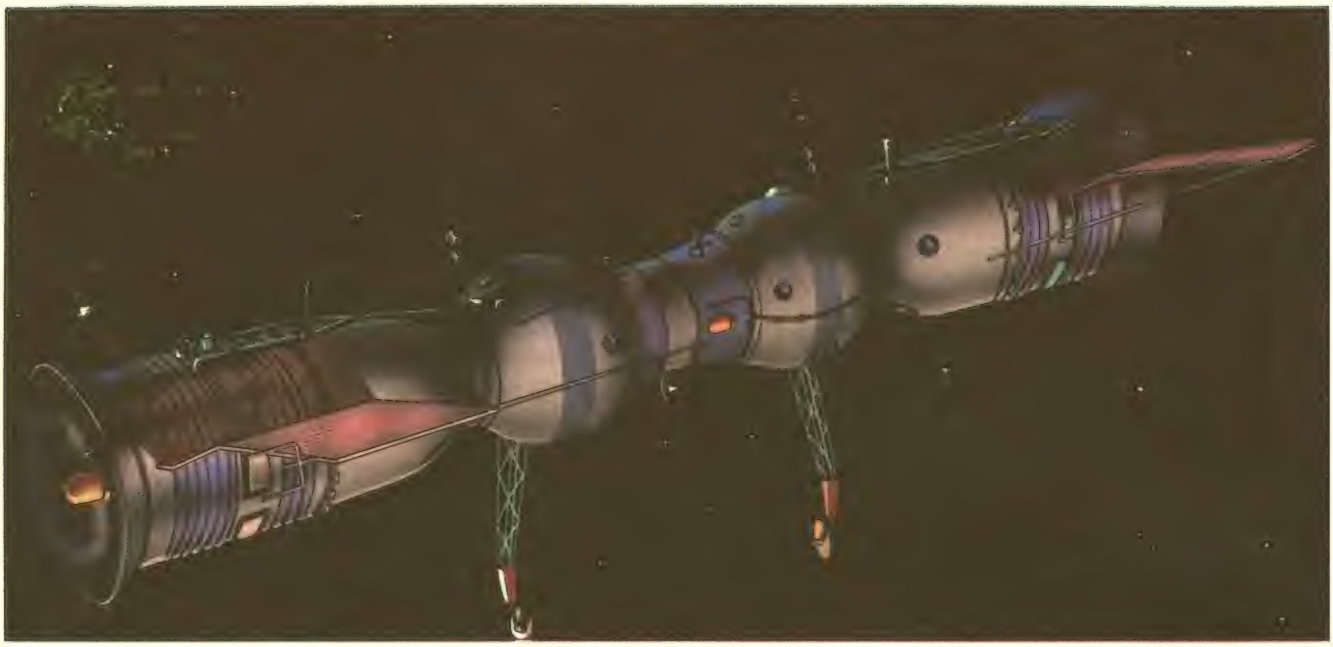
Все авторы отобранных предложений, школьные преподаватели этих ребят-победителей и коллективы школ, в которых они учатся, были награждены специальными медалями.

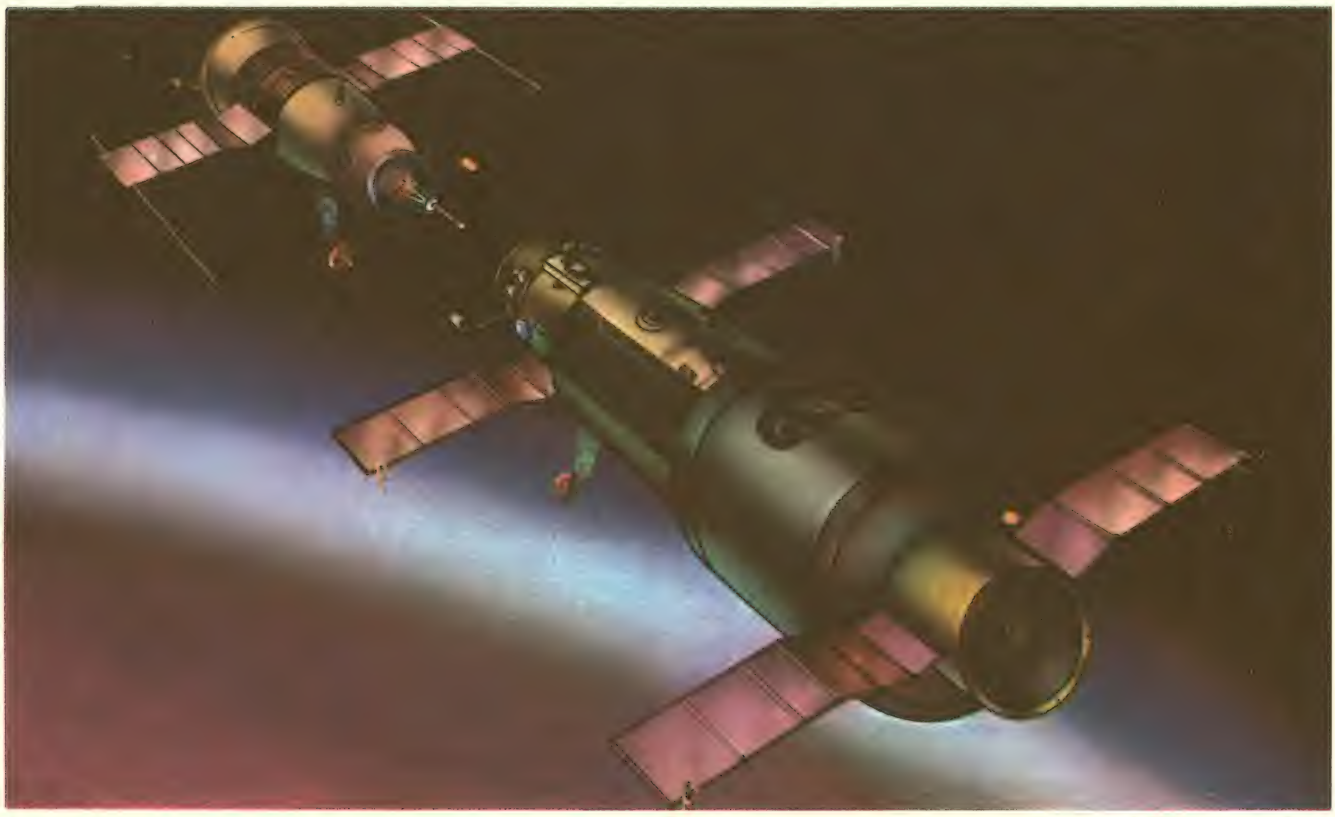
С помощью астрономических приборов астронавты изучали Солнце. Впервые человек мог без атмосферных помех подолгу наблюдать за развитием пятен и вспышек на нашем светиле. Видели астронавты и протуберанцы. «Самое огромное и невероятное явление из всех, которые нам удалось наблюдать на Солнце» — так доложили они об этом.

Уделяя много времени астрономии, экипаж станции не забывал и о Земле. Астронавты наблюдали развитие ураганов, изучали лавиноопасные скопления снега в горах и состояние посевов сельскохозяйственных культур, определяли загрязнение воздуха и вод, проводили геологическую съемку для облегчения поисков полезных ископаемых.

Два состыкованных корабля «Союз» впервые в мире образовали экспериментальную орбитальную станцию.

Внизу: через несколько минут произойдет стыковка орбитальной станции «Салют» и корабля «Союз» и космонавты перейдут из транспортного корабля в помещение орбитальной станции.





Орбитальная станция и транспортный корабль в состыкованном состоянии

Внизу: возможно так будут собирать орбитальные станции в будущем.

В конце 1969 г. борт-инженер «Союза-6» впервые провел в космосе сварку металлов. Американские астронавты продолжили технологические эксперименты, начатые советскими специалистами. В установленной на борту «Скайлэба» электрической печи получали сплавы металлов, которые не желают соединяться в земных условиях, изучали, как происходят в невесомости процессы плавления, сварки и пайки.

Первый экипаж пробыл на орбите почти целый месяц.

За две недели до окончания полета астронавты все-таки сумели освободить заклинившуюся панель солнечной батареи и подготовить станцию к приему следующей смены.

Новый экипаж «Скайлэба» проработал в космосе уже два месяца. Перед возвращением космонавты услышали с Земли: «Не забудьте оставить ключ под дверью, а то третий экипаж не сможет попасть на станцию».

Шутка шуткой, но 17 ноября 1973 г. «двери» станции вновь отворились перед очередной космической сменой, проработавшей в космосе почти 3 месяца.

Марс принимает гостей

До недавнего времени наши представления о строении и рельефе поверхности Марса основывались на астрономических наблюдениях.

На помощь астрономам пришла космическая техника. Сначала американские космические аппараты «Маринер-4», а затем «Маринер-6» и «Маринер-7» сфотографировали часть планеты с близкого расстояния. Однако, пролетая мимо Марса, аппараты находились вблизи планеты слишком мало времени. Возможности фотографирования Марса с

орбит его искусственных спутников значительно шире.

Вот почему «Маринер-9» и советские автоматические межпланетные станции «Марс-2» и «Марс-3» оказались вскоре на околопланетных орбитах.

Обе советские космические станции были отправлены к Марсу весной 1971 г. Им предстояло преодолеть около 500 млн. км. Полгода длился межпланетный перелет. И вот настал момент, когда мир узнал: советский вымпел на Марсе!

При подлете к «красной планете» от автоматической станции «Марс-2» была отделена капсула, доставившая на поверхность Марса вымпел с изображением Герба Советского Союза. Сама станция замедлила свое стремительное движение и перешла на орбиту искусственного спутника Марса.

А «Марс-3» в это время только приближался к далекой планете. Когда планету и станцию разделяло всего 70 тыс. км, началась последняя коррекция траектории. При этом все операции космический аппарат должен был выполнить самостоятельно, без подсказок с Земли. Несколькими днями раньше то же самое проделал «Марс-2». Теперь наступила очередь «Марса-3».

Чтобы поддерживать связь с Землей, чашу установленной на станции передающей антенны нужно было направить на нашу планету. Поэтому первой операцией, проведенной около Марса, была ориентация в пространстве. Ориентирами служили Солнце и звезда Канопус. Реактивные микродвигатели развернули аппарат таким образом, что светила попали в солнечный и звездный датчики. Теперь антенна станции смотрела точно на Землю. Заботу о сохранении найденного положения взяли на себя микродвигатели стабилизации.

Наступило время вступить в действие навигационной космической системе. Ей предстояло определить расстояние до Марса и направление на центр диска планеты.

Зная действительную величину отдаленного предмета, легко определить расстояние до него по его кажущимся с этого расстояния размерам. Диаметр Марса давно известен. Поэтому, когда диск планеты полностью занял окошко специального оптического прибора, это означало, что до Марса оставалось заданное расстояние. Органы чувств станции передали полученную информацию ее мозгу — бортовой вычислительной машине.

Начались расчеты. После коррекции станция должна была выйти на траекторию, проходящую в 1500 км от поверхности планеты. Учитывая это, машина определила, куда должно быть направлено сопло двигательной установки, и отдала микродвигателям ориентации приказ развернуть станцию. Одновременно вычислительная машина сообщила программно-временному устройству, когда и на сколько времени оно должно включить двигатель. Точно в назначенный момент струя раскаленных газов, вырвавшихся из сопла, передвинула станцию на новую траекторию. Последняя поправка в полет станции была внесена.

В первые минуты движения по новой траектории межпланетный робот должен был сориентироваться в пространстве. Солнце и Канопус вновь подсказали станции, как ей нужно повернуться, чтобы остронаправленная антенна опять обратилась к Земле.

Сеанс коррекции длился более часа. Все это время связь со станцией была прервана. Земля не сразу услышала ее сигналы даже после того, как заработал передатчик станции. Ведь расстояние, разделяющее ее и Землю, было таково, что радиосигнал, летящий к нам со скоростью света, преодолевал его целых 8 мин. Это одна из причин передачи управления станцией на заключительном участке межпланетного полета в ее «собственные руки».

Сразу после коррекции траектории от межпланетной станции «Марс-3» отделился спускаемый аппарат. Он начал самостоятельный полет. Некоторое время спускаемый аппарат и станция летели рядом. Затем автоматически включился двигатель спускаемого аппарата и перевел его на траекторию встречи с планетой. Собственная система автоматического управления развернула аппарат таким образом, что угол между его продольной осью и встречным потоком газов марсианской атмосферы стал равен заданному.

До входа в атмосферу аппарат летел долго. Только через четыре с половиной часа большой конический щит, или *защитный конус*, закрывающий спереди весь спускаемый аппарат, коснулся газовой оболочки планеты.

Атмосфера Марса очень разрежена, а в верхних слоях ее плотность совсем незначительна. Поэтому ворвавшийся сюда аппарат, несмотря на огромную скорость, вначале почти не испытывал сопротивления. Однако по мере снижения аппарата атмосфера планеты становилась все плотнее, а ее напор на защитный конус — все сильнее. Сопротивление атмосферы замедлило скорость снижения, и перегрузки начали уменьшаться. Сработал датчик перегрузок. По его команде пороховой реактивный двигатель извлек вытяжной парашют из парашютного контейнера. Маленький купол потянул за собой большой. Скорость снижения упала, но все еще превышала скорость звука. Купол основного парашюта сначала был раскрыт не полностью. Это спасло его от раз-

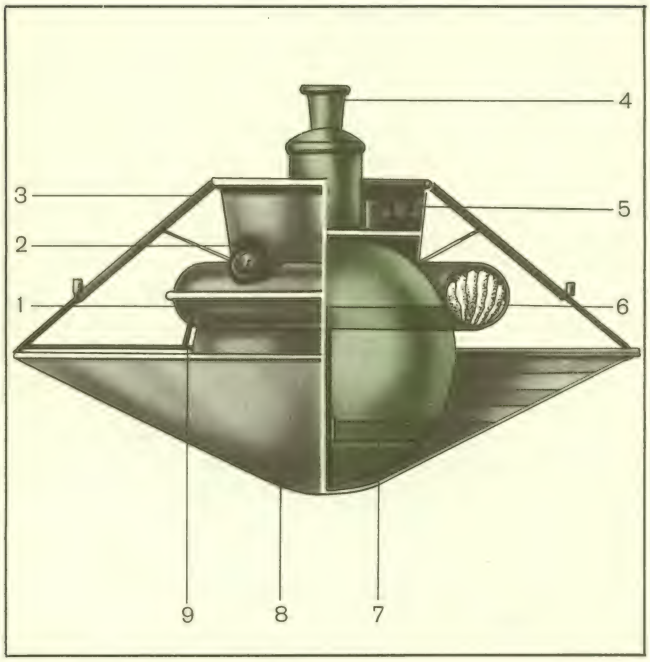


Схема спускаемого аппарата «Марс-3»: *1* — парашютный контейнер; *2* — двигатель ввода вытяжного парашюта; *3* — антенны связи с орбитальной станцией; *4* — двигатель увода спускаемого аппарата; *5* — приборы и аппаратура системы автоматического управления; *6* — основной парашют; *7* — автоматическая марсианская станция; *8* — аэродинамический тормозной конус; *9* — антенна радиовысотомера.

рыва встречным напором марсианского «воздуха». Ставший ненужным, вытяжной парашют отделился от основного, и собственный двигатель увел его в сторону.

Но вот движение аппарата еще более замедлилось, и по команде программно-временного механизма полностью раскрылся основной парашют. Защитный конус, отделившись, упал вниз, а на спускаемом аппарате раскрылись антенны радиовысотомера системы мягкой посадки.

Поверхность планеты стремительно приближалась. Когда до нее осталось не более 30 м, специальный реактивный двигатель увел в сторону купол основного парашюта, чтобы его огромное полотнище не накрыло собой аппарат. Тем временем программно-временной механизм включил двигатели мягкой посадки. Последнее торможение. Отработав заданное время, двигатель мягкой посадки отлетел в сторону. Еще мгновение — и аппарат коснулся поверхности Марса.

Программно-временной механизм продолжал работать. По его команде через полторы минуты открылись телевизионные камеры и лепестки передающих антенн. Космический аппарат впервые в истории человечества послал сигнал с поверхности Марса.

А где же находилась в это время межпланетная станция «Марс-3»? Доставив спускаемый аппарат в нужную точку околопланетного пространства и избавившись от своего пассажира, станция продолжала приближаться к Марсу. Однако ее путь проходил мимо планеты. «Марс-3» следом за «Марсом-2» должен был стать еще одним искусственным спутником Марса. Для этого необходимо было замедлить движение станции, причем сделать это тогда, когда она ближе всего подойдет к планете.

Началась подготовка к торможению. Опять Солнце и Канопус помогли станции найти выглядевшую отсюда маленькой звездочкой Землю. Затем около часа станция рассказывала о своем самочувствии. К концу ее доклада Марс был уже совсем близок. Теперь ориентироваться по планете было значительно легче, чем во время последней коррекции траектории. Снова бортовая вычислительная машина выдала команды на развороты станции. В расчетное время включилась тормозная двигательная установка, и «Марс-3», плавно обогнув планету, стал ее новым спутником.

Радиосигнал спускаемого аппарата с поверхности Марса был послан именно тогда, когда станция «Марс-3» пролетала над местом посадки аппарата.

Однако этот сигнал направился к Земле не сразу. Для преодоления огромного расстояния, разделяющего планеты, необходимы мощные радиопередатчики. Они были установлены на межпланетных станциях «Марс-2» и «Марс-3». Оборудовать небольшой спускаемый аппарат столь же мощным передатчиком, потребляющим много электроэнергии, и тяжелой антенной было нецелесообразно. Кроме того, во время передачи антенна космического аппарата должна быть направлена на Землю. На поверхности Марса осуществить такую ориентацию антенны было бы значительно труднее, чем на движущейся в космическом пространстве межпланетной станции.

Поэтому инженеры построили в космосе своего рода радиомост. Мост этот как бы опирался на три опоры: планету Марс, автоматическую станцию «Марс-3» и Землю. Сигнал спускаемого аппарата улавливался антеннами «Марса-3», фиксировался в его запоминающем устройстве, а затем в очередных сеансах связи передавался на Землю.

Создатели межпланетной станции хорошо представляли трудности посадки на неизведанную планету. Они знали, что на Марсе случаются пыльные бури, и постарались защитить аппарат от ветров. Но предугадать заранее, что в сентябре на планете разразится шторм небывалой силы, который на много месяцев затянет пыльной пеленой весь Марс, специалисты не могли.

«Красная планета» встретила посланца Земли негостеприимно. Марс словно вспомнил о воинственном божестве, подарившем ему свое имя. Ветер дул со скоростью свыше 100 м/с, и спускаемый аппарат

Общий вид автоматической межпланетной станции «Марс-3».

могло понести над поверхностью с той же скоростью. Может быть, поэтому передача с поверхности Марса длилась всего 20 с, а пыльная завеса не позволила телевизионным камерам показать нам марсианскую панораму.

Итак, в 1971 г. Марс, как и Луна, обрел спутников, созданных рукой человека.

Почему же столь большое внимание в программе изучения небесных тел Солнечной системы уделяется их искусственным спутникам? Основное достоинство исследований с околопланетных орбит заключается в том, что только со спутника можно «охватить взглядом» большую часть поверхности изучаемой планеты, только со спутника можно рассматривать ее по частям и целиком, как небесное тело.

Даже систематические длительные измерения параметров орбит искусственных спутников, наблюдения за характером их изменений могут дать ценнейшие сведения о небесном теле.

Работу на орбитах «Марс-2» и «Марс-3» начали с фотографирования планеты. На станциях было установлено по две фотокамеры с различными объективами. Одна из них получала снимки больших участков поверхности, а другая, с небольшим углом зрения, позволяла различать на снимках мелкие детали рельефа.

Станции фотографировали Марс с различных расстояний и через разноцветные светофильтры. Экспонированная пленка проявлялась на борту станций, а затем с помощью телевизионных камер полученное изображение передавалось на Землю.

Ученые наделили «Марс-2» и «Марс-3» многими исследовательскими профессиями. На спутниках были установлены различные научные приборы. Одни из них «нарисовали тепловой портрет» Марса — карту распределения температур по поверхности и на некоторой глубине в грунте планеты, другие уточнили состав и плотность ее атмосферы, третьи подробно рассказали о рельефе «красной планеты».

Летом 1973 г. к Марсу направились уже не две, а четыре советские автоматические станции — «Марс-4, 5, 6 и 7». Перед космическим десантом стояли сложные задачи: исследовать планету с пролетной траектории и с орбиты ее искусственного спутника, доставить на ее поверхность посадочный аппарат.

В начале 1974 г., преодолев расстояние около 460 млн. км, межпланетные станции «Марс-4» и «Марс-5» достигли окрестностей Марса. 10 февраля станция «Марс-4» прошла на расстоянии 2200 км от его поверхности. При этом она сфотографировала планету и передала изображение на Землю. Через два дня «Марс-5» вышел на орбиту искусственного спутника Марса. А две другие участницы невиданного группового межпланетного перелета — станции «Марс-6» и «Марс-7» — в это время только приближались к цели своего путешествия.

«Невозможное сегодня станет возможным завтра»

«...Стать ногой на почву астероидов, поднять рукой камень с Луны, устроить движущиеся станции в эфирном пространстве, образовать живые кольца вокруг Земли, Луны, Солнца, наблюдать Марс на расстоянии нескольких десятков верст, спуститься на его спутники или даже на самую его поверхность — что, по-видимому, может быть сумасброднее!» — всего 60 лет отделяют нас от времени, когда Циолковский сказал эти слова. Даже Циолковский — ученый, целиком устремленный в буду-

На спутнике Юпитера. Пока это еще фантазия художника.

Внизу: так художник-фантаст А. Соколов представляет себе космические аппараты, которые в будущем полетят к звездам.

щее,— не мог предполагать, что его мечты осуществятся так скоро.

Стремительное развитие космонавтики сделало мечты Циолковского реальностью. Но что же еще «невозможное сегодня станет возможным завтра»? Немыслимо заглянуть вперед на века и тысячелетия. Однако можно попытаться увидеть ближайшую перспективу, отделенную от сегодняшнего дня несколькими десятилетиями.

Уровень технического прогресса прежде всего определяется состоянием энергетики. Будущее космонавтики в первую очередь решат экономичные способы получения огромных количеств энергии для отправки человека и автоматических станций в далекие космические рейсы. Конкретно это выразится в создании принципиально новых ракетных двигателей.

Уже готовится к выходу в космос мирный атом, до сих пор удивляющий нас колоссальной мощью, скрытой в мизерном объеме ядерного горючего. В реактивном атомном двигателе энергия, выделяющаяся при расщеплении ядер урана или плутония, будет преобразовываться в тепло и нагревать теплоноситель — жидкость или газ,— пропускаемый через реактор. Нагретый до температуры в несколько тысяч градусов и выброшенный затем через сопло, пар или газ создаст мощную реактивную тягу. Мы уже говорили об электроракетных двигателях, которым принадлежит большое будущее.

Сегодня, когда Земля только начинает знакомиться со своими ближайшими космическими соседями, ученые уже задумываются о полетах к звездам. Отправиться в межзвездный полет человек рискнет, видимо, только на такой ракете, скорость которой будет близка к скорости света. Иначе для такого путешествия может не хватить человеческой жизни. За рубежом разработана модель двигателя, который, по расчетам специалистов, сможет развить такую скорость. Это прямоточный двигатель, где вместо воздуха предлагают использовать такое «призрачное» вещество, как... межзвездный газ (см. ст. «План ГОЭЛРО и будущее энергетики»).

Кроме разработки новых ракетных двигателей космонавтике в ближайшее десятилетие предстоит решить еще ряд важнейших технических проблем. Одна из них — создание транспортных космических кораблей *многократного* использования. Такие корабли смогут доставлять в околоземное космическое пространство детали больших орбитальных станций, чтобы там их собирать. С помощью транспортных кораблей можно будет производить смену экипажей «эфирных поселений», наладить регулярную связь между орбитальными станциями, пополнять их топливные запасы, доставлять на борт космических лабораторий научное и технологическое оборудование.

Сами орбитальные станции будут лишь отдаленно напоминать первенца космического «домостроения» — «Салют». В огромных помещениях новых космических «домов» будут созданы все условия, необходимые для длительного пребывания и нормальной работы экипажей. Искусственная тяжесть позволит забыть о неудобствах невесомости, заросшие зеленью оранжереи во многом решат проблемы питания и дыхания космонавтов.

Недалеко время, когда на орбитах искусственных спутников Земли появятся и первые космические заводы. Уже проводились первые опыты по сварке в открытом космосе, изучалось, как влияет невесомость на процессы литья металлов и разделение жидких смесей.

Космический вакуум и невесомость очень интересуют инженеров. Ведь вакуумные установки пока еще одни из самых дорогих и капризных устройств в цехах современных заводов. А в ряде технологических процессов большой помехой является и собственный вес деталей и материалов.

Космический вакуум окружает и Луну. Только здесь, в отличие от открытого космоса, под ногами человека будет твердая почва. Вот почему со временем на нашей космической соседке могут возникнуть необычные жилые и заводские здания.

Человечество будет осваивать космос сообща. Начало такого содружества закладывается уже в наше время. Ученые социалистических стран объединились в исследовании околоземного космического пространства по программе «Интеркосмос». Приборы, изготовленные во Франции, устанавливаются на советских спутниках и автоматических станциях. Содружество ученых всех стран в освоении космоса будет крепнуть и развиваться.

Как добывают полезные ископаемые

Из истории горного дела

Появление горного дела, основу которого составляет добыча полезных ископаемых из недр Земли, относится к ранней стадии развития человеческого общества.

Еще в период родового строя существовали подземные рудники для добычи кремния, из которого делали лезвия для топоров, ножей и наконечники копий. Чтобы в горных выработках было безопасно работать, строили деревянные крепления. Куски кремния откалывали каменными орудиями и кайлами из оленьего рога.

На территории СССР обнаружены следы древних рудников периода бронзового века. В Центральной Европе от этого периода остались выработки со следами креплений, лестниц и т. п. Задолго до нашей эры горное дело существовало в Китае, Японии, странах американского континента.

В рабовладельческом обществе ведется систематическая разработка медных и оловянных руд, добыча золота и серебра.

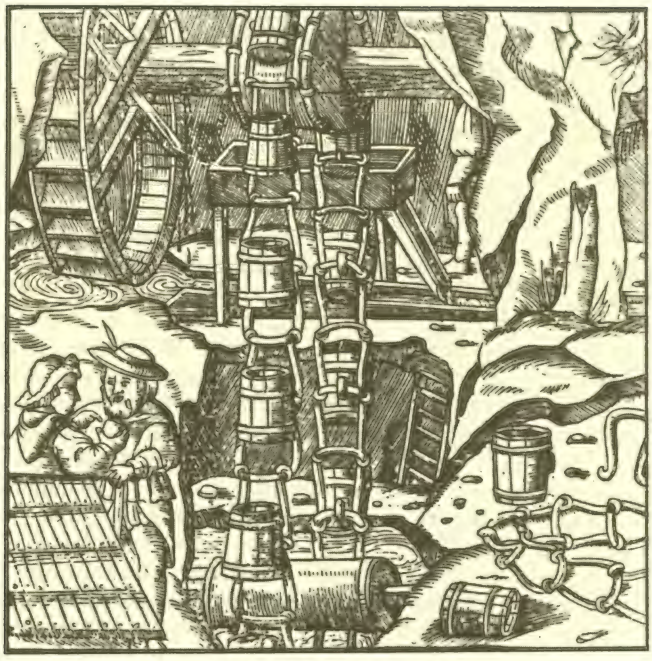
Решающее значение для развития производительных сил в античном обществе имело производство железа. На горных работах используется труд огромного числа рабов.

В эпоху феодализма в горном деле происходят значительные сдвиги. В XI—XIII вв. горное дело широко развивается в Центральной Европе, возникает пока еще ручная отбойка горных пород. Важные усовершенствования в горном деле были сделаны в Европе в XV—XVI вв. Для подъема руды наверх начали применять *конный привод* и *водяное колесо,* из подземных выработок стали откачивать воду — все это позволило вести горные работы на глубине до 150 м. Взрывные работы начинают вытеснять огневой способ разрушения. Вводится мокрое обогащение руд — *флотация* (см. ст. «Как обогащают полезные ископаемые»). Флотация позволила вести разработку сравнительно бедных руд. В 1512 г. в Саксонии была выдана привилегия на «мокрую толчею». В это время в рудниках начинают устраивать деревянные настилы для перемещения по ним тележек с полезным ископаемым.

Появляются первые горные училища и руководства по горному делу. В горном деле раньше, чем в других отраслях промышленности, стали применять паровые машины, первоначально для откачивания воды (впервые применил англичанин Т. Ньюкомен в 1711—1712 гг.), затем и для подъема руды наверх.

С эпохи промышленного переворота (конец XVIII — начало XIX в.) совершенствуется техника бурения, применяются взрывчатые вещества, вводится рельсовая откатка с конной тягой. В 1815 г.

Такими были первые приспособления для откачки воды из шахты. Водяное колесо приводило в действие скрепленные цепью черпаки. Гравюра XVI в.



Лампа Дэви — безопасная рудничная лампа с сеткой. Изобретена в 1815 г.

англичанин Х. Дэви изобретает безопасную рудничную лампу.

В 30-х годах XIX в. начинают применять стальные канаты для подъема руды и откатки, а через 20 лет появляются первые *врубовые машины*.

В конце XIX — начале XX в. в связи с растущим спросом на полезные ископаемые интенсивно развивается техника проходки стволов шахт. Совершенствуются методы проходки, вентиляции и водоотлива. Это позволяет увеличить глубину разработок до 1000 м, иногда до 2000 м. Вводится электрический привод для подъемных машин, насосов, вентиляторов, электрифицируется рудничный транспорт, механизируется зарубка с помощью врубовых машин, широко применяются отбойные молотки, работающие сжатым воздухом.

Как же добывают полезные ископаемые в наше время?

Добыче полезных ископаемых предшествует разведка их месторождений. Это необходимо, чтобы определить запасы и качество угля или руд, экономическую целесообразность эксплуатации данного месторождения, а также способы разработки месторождения. Сейчас широко применяют геофизические, геохимические и биохимические методы разведки, помогают геологам и различные космические аппараты.

Когда выявлены достаточные запасы полезного ископаемого, приступают к разработке месторождения. Для этого проводят по определенному плану сеть подземных или открытых горных выработок или бурят скважины; чтобы *вскрыть* месторождение, строят необходимые надземные и подземные сооружения.

Из подземных выработок всегда бывает не менее *двух* выходов на земную поверхность. Обычно это соединенные между собой вертикальные или наклонные шахтные стволы, штольни, с помощью которых вскрывают месторождение. Глубина вертикальных стволов превышает в некоторых случаях 2000 м.

После того как месторождение вскрыто, проводят *выработки*, чтобы подготовить месторождение к *выемке*. Забой, где добывают полезные ископаемые, и выработки, образующиеся при этом, называют *очистными*.

Подготовительные выработки и очистные работы по добыче полезных ископаемых производят машинами: *буровыми, породопогрузочными, комбайнами* и др.

Добытое полезное ископаемое доставляется от очистного забоя к земной поверхности *рудничным транспортом*, а грузы и люди по шахтному стволу — *шахтным подъемом*.

Все подземные выработки снабжаются свежим воздухом, имеют постоянное электрическое освещение, а рабочим выдаются еще и переносные рудничные лампы. Вода из шахты постоянно удаляется си-

стемой рудничного водоотлива. Деревянная крепь заменена металлической и передвижной механизированной крепью. Специальные службы следят за безопасностью подземных работ.

Уголь, руды, асбест, слюда, каолин и многие другие полезные ископаемые поступают после добычи на обогатительные фабрики. Здесь полезные ископаемые «облагораживаются»: из них удаляются различные примеси.

Таким образом, *горнодобывающая промышленность* представляет комплекс отраслей производства по разведке месторождений полезных ископаемых, их *добыче* из недр земли и первичной обработке — *обогащению*.

В зависимости от вида ископаемого горнодобывающая промышленность делится на *топливодобывающую* (нефтяная, добыча природного газа, угольная, сланцевая, торфяная), *рудодобывающую* (железорудная, марганцоворудная, добыча руд, цветных благородных и редких металлов, радиоактивных элементов), *промышленность неметаллических ископаемых и местных стройматериалов* (добыча мрамора, гранита, асбеста, мела, доломита, кварцита, каолина, глины, гипса, мергеля, полевого шпата, известняка), *горно-химическую* (добыча апатита, калийных солей, нефелина, селитры, серного колчедана, борных руд, фосфатного сырья), *гидроминеральную* (минеральные подземные воды, вода для водоснабжения и других целей).

Советский Союз занимает первое место в мире по разведанным запасам угля, торфа, железной и марганцевой руд, бокситов, меди, свинца, никеля, вольфрама. Велики запасы нефти, природного газа и других полезных ископаемых. Горная промышленность нашей страны по размерам добычи сырья составляет примерно $^1/_4$ мирового горного производства.

Ученые и инженеры ищут новые методы разработки месторождений, разрабатывают технологию добычи по принципу поточного производства.

Отбойный молоток для добычи полезных ископаемых.

В угольных шахтах добывают и грузят уголь на конвейер горные комбайны. Механизируется отбойка и погрузка также и при добыче руд. Все шире применяют автоматизацию и дистанционное управление машинами и механизмами.

Неизмеримо возросла добыча нефти и природного газа благодаря развитию техники бурения скважин. Скважины бурят и в поверхности земли, и в морском дне. Разработка нефтяных месторождений на больших глубинах ведется с искусственным воздействием на нефтяной пласт водой. Строятся магистральные газопроводы больших диаметров, по которым газ доставляется в районы потребления.

Горное дело имеет огромные перопективы развития, так как потребление полезных ископаемых все время увеличивается.

Способы добычи полезных ископаемых

Все полезные ископаемые, которые залегают на поверхности Земли или сравнительно неглубоко, добывают, как правило, *открытым способом* — из котлованов, именуемых в горном деле *карьерами* или *разрезами*. Большие карьеры достигают протяженности в несколько километров и глубины в сотни метров. Открытым способом добывают почти все строительные материалы и торф, примерно $^2/_3$ руд (больше всего железных и медных), примерно $^1/_3$ угля.

Для добычи твердых полезных ископаемых, залегающих на большой глубине, сооружают подземные предприятия — *шахты*.

Жидкие полезные ископаемые и природный газ извлекают из земных недр с помощью *скважин*, по трубам. Этим же способом удается добыть часть каменной соли и серы. Соль предварительно растворяют под землей, накачивая в скважину воду, а серу расплавляют горячим паром.

Иногда даже некоторые цветные металлы (литий, медь) извлекают из-под земли с водой. Легчайший металл литий, например, добывают из минеральных вод, в которых растворены его соединения. А на Дегтярском руднике на Урале из подземных вод осаждают медь. Она растворилась в воде благодаря особым бактериям, превратившим нерастворимые соединения меди с серой в растворимую сернокислую медь — медный купорос. Еще в прошлом веке великий русский химик Менделеев выдвинул идею извлечения из-под земли по скважинам каменного угля, превращенного предварительно в горючий газ.

Многолетние опыты, проведенные в советское время в угольных бассейнах, доказали, что в принципе это возможно.

Германий считают выгодным добывать из золы тепловых электростанций. Этот сверхрассеянный металл был когда-то собран из почвы растениями, превратившимися потом в каменный уголь.

Из года в год добыча полезных ископаемых растет. Особенно быстро развивается сейчас добыча открытым способом и добыча с помощью скважин.

Сейчас человечество извлекает за год из недр Земли более 1 млрд. т железной руды, более 2 млрд. т нефти, более 2,5 млрд. т угля, миллиарды тонн строительных материалов и других полезных ископаемых.

Добыча нефти и газа

Как бурят скважины

В истории человечества бывало уже не раз, когда некоторые материалы становились основными и буквально определяли лицо века. Нам известны каменный век, бронзовый век, железный... Подобные перемены происходили и с топливом. Сначала основным топливом были дрова, затем — в прошлом столетии — каменный уголь. В 50—60-х годах XX в. на первый план среди горючих ископаемых выдвинулись нефть и газ.

Работа автомобилей и самолетов немыслима без бензина и керосина, на жидком топливе работают тепловозы и корабли. Переходят на дешевое газовое топливо электростанции. Из нефти и газа делают химические продукты, которые превращают потом в синтетические материалы.

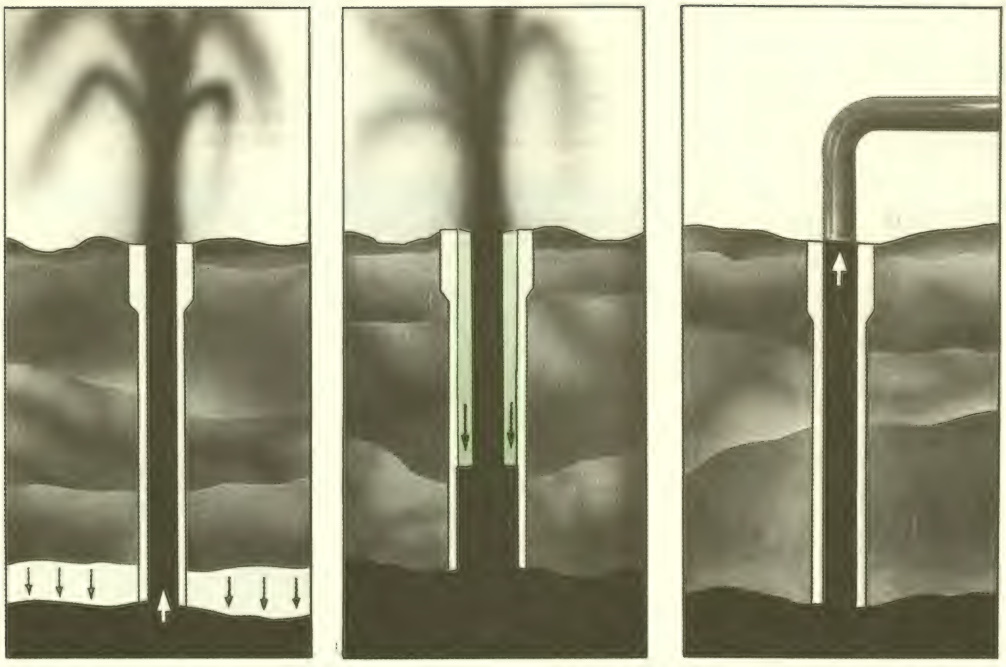
Нефть и газ добывать проще и дешевле, чем уголь.

Главная машина для добычи нефти и газа — *буровой станок*. Первые буровые станки, появившиеся сотни лет назад, по существу, копировали рабочего с ломом. Только лом у этих первых станков был потяжелее и по форме напоминал скорее долото. Он так и назывался — *буровое долото*. Его подвешивали на канате, который то поднимали с помощью ворота, то опускали. Такие машины называются *ударно-канатными*. Их можно встретить кое-где и сейчас, но это уже вчерашний день техники: очень уж медленно пробивают они отверстие в камне, очень много расходуют энергии зря.

Гораздо быстрее и выгоднее другой способ бурения — *роторный*, при котором скважина высверливается. К ажурной металлической четырехногой вышке высотой с десятиэтажный дом подвешена толстая стальная труба. Ее вращает специальное устройство — *ротор*. На нижнем конце трубы — *бур*. По мере того как скважина становится глубже, трубу удлиняют. Чтобы разрушенная порода не забила скважину, в нее насосом через трубу нагнетают глинистый раствор. Раствор промывает скважину, уносит из нее вверх по щели между трубой и стенами скважины разрушенную глину, песчаник, известняк. Одновременно плотная жидкость поддерживает стенки скважины, не давая им обрушиться.

Но и у роторного бурения есть свой недостаток. Чем глубже скважина, тем тяжелее работать двигателю ротора, тем медленнее идет бурение. Ведь одно дело вращать трубу длиной 5—10 м, когда бурение скважины только начинается, и совсем другое — крутить колонну труб длиной 500 м. А что делать, если глубина скважины достигает 1 км? 2 км?

В 1922 г. советские инженеры М. А. Капелюшников, С. М. Волох и Н. А. Корнев впервые в мире построили машину для бурения скважин, в которой не



Три способа добычи нефти из скважины. *Слева направо:* нефть фонтанирует под давлением подземных газов и вод. Нефть идет из скважины под давлением сжатого воздуха, накачиваемого в нефтеносный пласт. Откачка нефти с помощью специальной машины.

нужно было вращать буровые трубы. Изобретатели поместили двигатель не наверху, а внизу, в самой скважине — рядом с буровым инструментом. Теперь всю мощность двигатель расходовал только на вращение самого бура.

У этого станка и двигатель был необыкновенный. Советские инженеры заставили ту самую воду, которая раньше только вымывала из скважины разрушенную породу, вращать бур. Теперь, прежде чем достигнуть дна скважины, глинистый раствор вращал маленькую турбину, прикрепленную к самому буровому инструменту.

Новый станок назвали *турбобуром,* со временем его усовершенствовали, и теперь в скважину опускают несколько турбин, насаженных на один вал. Понятно, что мощность такой «многотурбинной» машины во много раз больше и бурение идет во много раз быстрее.

Другая замечательная буровая машина — *электробур,* изобретенный инженерами А. П. Островским и Н. В. Александровым. Первые нефтяные скважины пробурили электробуром в 1940 г. У этой машины колонна труб тоже не вращается, работает только сам буровой инструмент. Но вращает его не водяная турбина, а электрический двигатель, помещенный в стальную *рубашку* — кожух, заполненный маслом. Масло все время находится под высоким давлением, поэтому окружающая вода не может проникнуть в двигатель. Чтобы мощный двигатель мог поместиться в узкой нефтяной скважине, пришлось делать его очень высоким, и двигатель получился похожим на столб: диаметр у него, как у блюдца, а высота — 6—7 м.

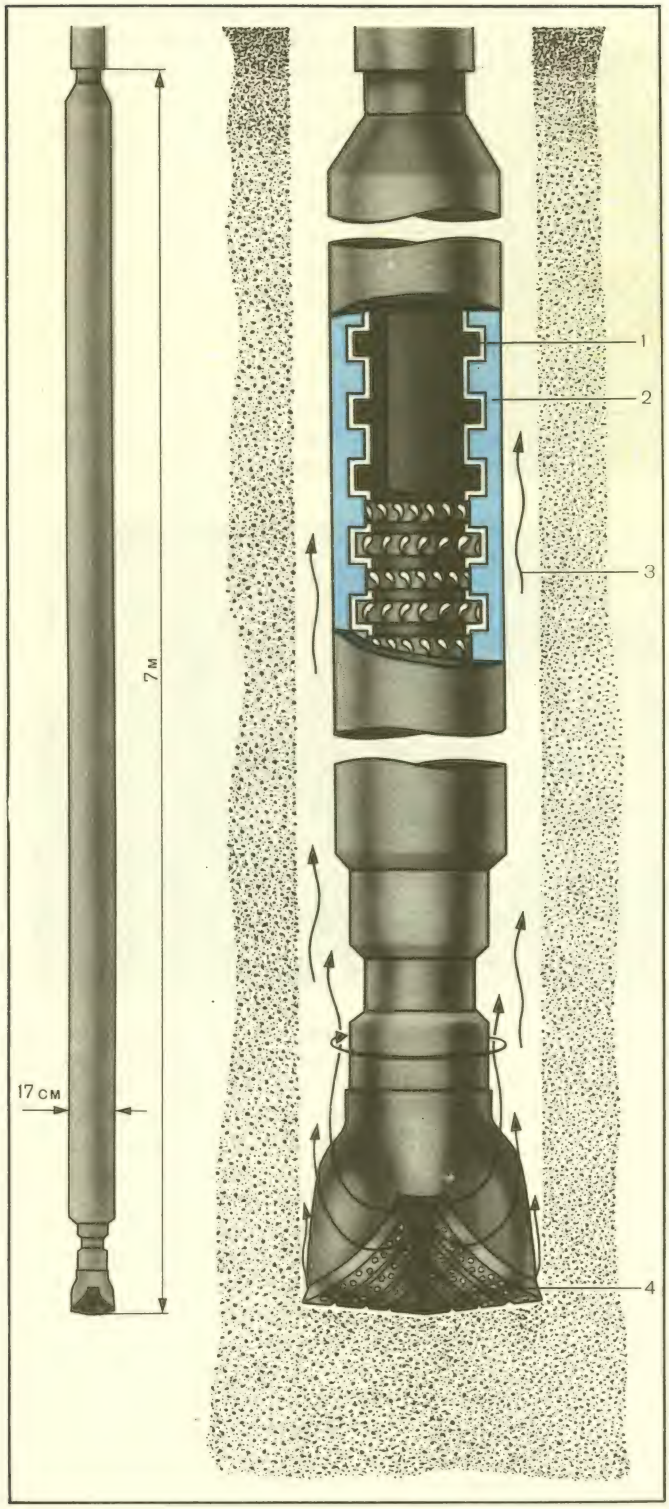
Бурение — основная работа при добыче нефти и газа. В отличие, скажем, от угля или железной руды

Машина, которая откачивает нефть.

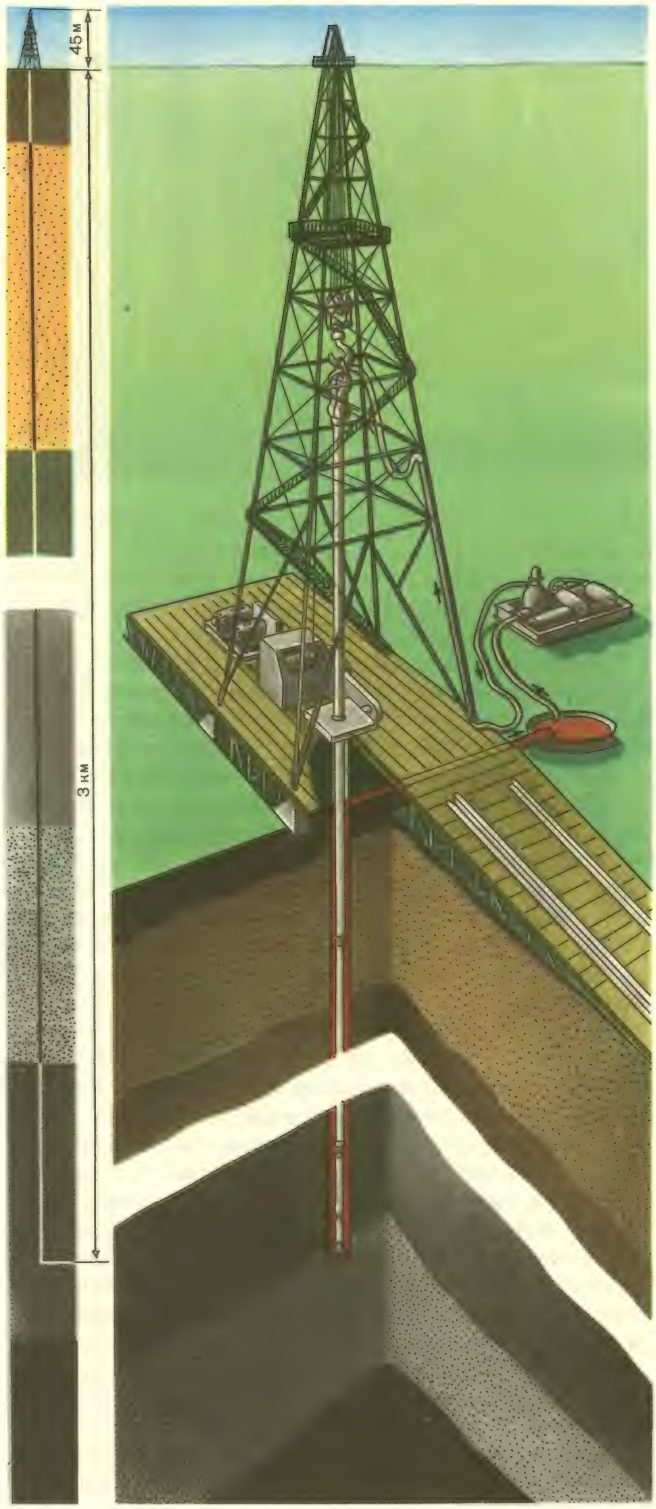
нефть и газ не нужно отделять от окружающего массива машинами или взрывчаткой, не нужно поднимать на поверхность земли конвейером или в вагонетках. Как только скважина достигла нефтеносного пласта, нефть, сжатая в недрах давлением газов и подземных вод, сама с силой устремляется вверх.

По мере того как нефть изливается на поверхность, давление уменьшается, и оставшаяся в недрах нефть перестает течь вверх. Тогда через специально пробуренные вокруг нефтяного месторождения скважины начинают нагнетать воду. Вода давит на нефть и выдавливает ее на поверхность по вновь ожившей скважине. А затем наступает время, когда только вода уже не может помочь. Тогда в нефтяную скважину опускают насос и начинают выкачивать из нее нефть.

Так устроен турбобур: *1* — лопасти ротора (вал турбобура); *2* — лопасти статора (корпус турбобура); *3* — поток глинистого раствора; *4* — буровой инструмент. *Слева:* на схеме показано соотношение размеров диаметра турбобура и его длины.



Буровая нефтяная вышка. Видны насосная станция, подающая в скважину глинистый раствор, и отстойник, в котором осаждается измельченная буром порода. *Слева:* на схеме показано соотношение размеров вышки и глубины скважины.



Стальные трубы нефтепроводов перед укладкой в землю защищают от коррозии.

Внизу: газгольдеры — герметичные резервуары для хранения газа.

Хранение и транспортировка нефти и газа

Транспортировка нефти и газа на нефтеперерабатывающие химические заводы и на электростанции очень удобна. По железным и автомобильным дорогам нефть перевозят в цистернах, а по морям и океанам — в нефтеналивных судах — танкерах (см. ст. «Суда»). Но во многих случаях нефть и газ можно подавать на любые расстояния по трубам.

Нефтепроводы и *газопроводы* — магистрали из стальных труб, уложенных неглубоко в земле,— протянулись на десятки тысяч километров. Нефтепровод «Дружба», например, тянется через границы нескольких стран. По нему советская нефть идет в Польшу, Чехословакию, Венгрию, Германскую Демократическую Республику.

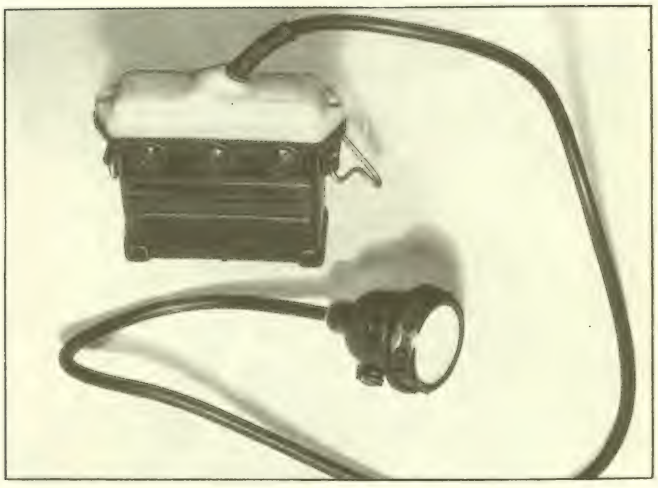
А вот хранить нефть и газ сложнее, чем уголь и руду.

Для хранения нефти и получаемых из нее нефтепродуктов, например бензина, нужно строить специальные металлические резервуары. Они похожи на гигантские консервные банки. Стенки нефтехранилищ окрашивают серебристой алюминиевой краской, хорошо отражающей солнечные лучи, чтобы нефть и нефтепродукты не нагревались. Для хранения газа необходимы герметичные, газонепроницаемые резервуары. Чтобы газ при хранении (и при перевозке через моря и океаны) занимал как можно меньше места, его сжижают, охлаждая до температуры — 160° С и ниже. Сжиженный газ хранят в резервуарах из прочных алюминиевых сплавов и специальной стали. Стенки делают двойные, а между стенками закладывают какой-нибудь материал, плохо проводящий тепло, чтобы газ не нагревался.

Но самые крупные хранилища газа удобнее и дешевле сооружать под землей. Стенками подземных газохранилищ служат непроницаемые пласты горных пород. Чтобы эти породы не вываливались и не обрушивались, их бетонируют. Существует несколько способов хранения сжиженных газов под землей. В одних случаях хранилище представляет собой полость, горную выработку, расположенную довольно глубоко. В других случаях — яму, котлован, закрытый герметичной металлической крышкой, или, лучше сказать, крышей.

Добыча угля и руды

Современная шахтерская лампа.



Подземный забой

Современные предприятия горнодобывающей промышленности — это настоящие заводы. Завод для подземной добычи — *шахта*, для открытой — *карьер*.

Шахта начинается с глубокого колодца или наклонного туннеля — ствола. Ствол шахты и строят (горняки говорят — проходят) так же, как колодец: его углубляют сверху вниз, все время укрепляя стенки, чтобы они не обваливались.

Проходчики шахтных стволов работают с *перфораторами* — машинами, которые с помощью сжатого воздуха бурят скважины под взрывчатку. Взорванную породу грузят в стальные бадьи специальными машинами — *грейферами*, челюсти которых приводятся в движение тоже сжатым воздухом. Установленные наверху над стволом подъемные машины вытаскивают камень в бадьях на поверхность. А крепят стенки шахтных стволов бетоном, или железобетоном, или чугунными кольцами — *тюбингами*.

Иногда стволы бурят, как обыкновенные скважины. Но для этого нужны очень сложные и громоздкие агрегаты (ведь диаметр ствола — несколько метров!), и бурить стволы удается пока только в сравнительно мягких породах.

Назначение ствола — подъем на-гора полезного ископаемого, спуск и подъем в шахту людей и машин, подача в шахту свежего воздуха.

Внизу от ствола в разные стороны отходят подземные коридоры — *штреки*. В них уложены рельсовые пути или установлены конвейеры. По этим штрекам к шахтному стволу подвозят уголь или руду.

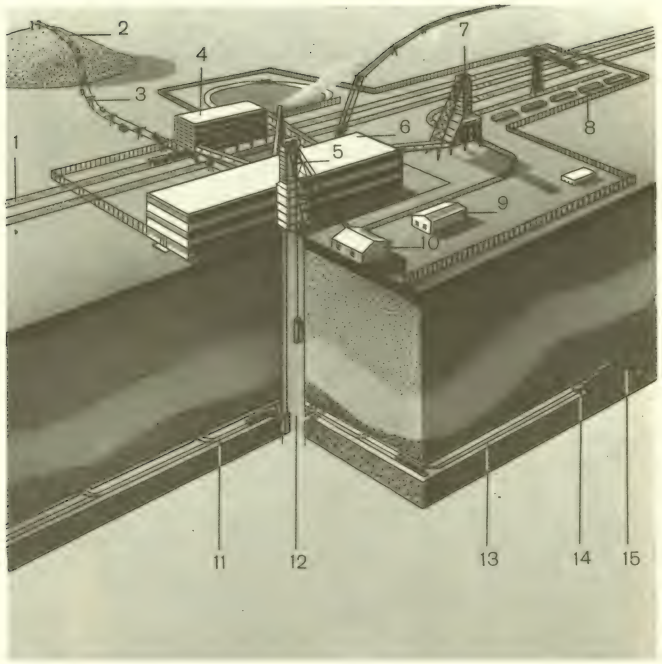
Если идти по штрекам от ствола, то в конце концов попадешь в *забой* — туда, где полезное ископаемое отделяют от пласта и грузят на конвейер или в вагонетку. (На угольных шахтах забои называют *лавами*.)

Почти все работы в шахте теперь выполняют машины. На разных шахтах они бывают разными, в зависимости от того, какое полезное ископаемое добывают под землей — сравнительно мягкое или более твердое. Например, каменный уголь можно резать. А твердую железную или медную руду приходится взрывать.

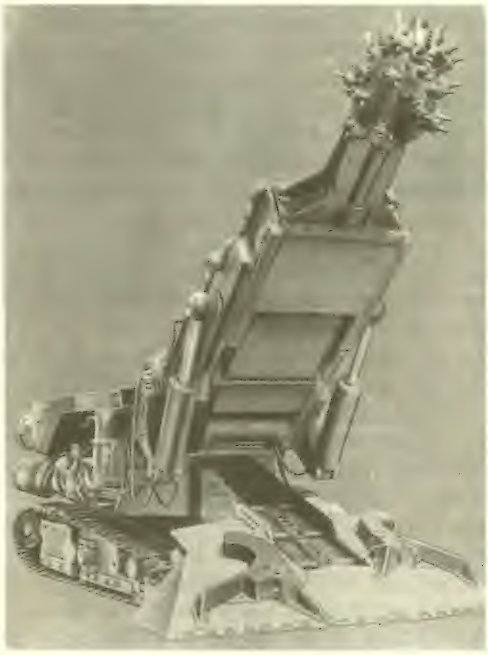
В подземном забое угольной шахты работают разные машины: горные комбайны, врубовые машины, угольные струги...

Горный комбайн кроме режущего устройства снабжен механизмом для погрузки угля на конвейер. Он

Схема угольной шахты: *1* — железнодорожные пути; *2* — отвал породы (терикон); *3* — подвесная дорога; *4* — бункер для погрузки угля в вагоны; *5* — подъемное сооружение (копер) главного ствола; *6* — надшахтное здание; *7* — копер вентиляционного ствола; *8* — склад крепежных материалов; *9* — здание вентилятора; *10* — здание подъемной машины; *11* — откаточные горные выработки; *12* — главный ствол; *13* — конвейерный штрек; *14* — забой; *15* — пласт угля.



Горный комбайн для добычи полезных ископаемых *(справа)* и механизированная гидравлическая крепь *(слева)*.
Внизу слева: проходческий комбайн. Он применяется для проведения горных выработок.
Внизу справа: к главному стволу уголь везут по штреку поезда из вагонеток.



Породопогрузочная машина.

одновременно разрезает угольный пласт, отбивает от него куски, измельчает их и грузит на конвейер.

А *угольный струг* — это нечто вроде огромного рубанка, которым, протягивая его на стальных цепях взад и вперед, строгают пласт угля.

Но существуют и такие шахты, где нет ни комбайнов, ни стругов, ни конвейеров. Уголь здесь рубят струей воды. Главная машина на такой шахте — *гидромонитор,* похожий на пушку с коротким стволом или на огромный пожарный брандспойт.

Вырываясь из ствола гидромонитора под давлением в несколько мегапаскалей, струя воды ударяет в пласт угля и отбивает от него куски разного размера. Потом поток воды подхватывает этот уголь и по желобам, проложенным в штреках гидрошахты вместо конвейеров, несет его из забоя. А дальше насосы подают уголь вместе с водой по трубам на-гора. Здесь вода с углем попадает в специальные бассейны — *отстойники.*

Когда весь уголь, даже самый мелкий, осядет на дно, воду из бассейна направляют по трубам опять в шахту, она снова проделывает весь свой рабочий путь — рвется из сопла гидромонитора, рубит уголь, «везет» его из забоя...

На рудниках, где добывают железную, медную, никелевую и другие крепкие руды, забои выглядят совершенно иначе. Первыми туда приходят бурильщики, они сверлят в каменной стене отверстия — скважины. Затем в скважины закладывают патроны взрывчатки. Все покидают забой, по проводам взрывник посылает электрический ток в запал. Взрыв — и часть забоя превращается в раздробленные куски руды.

После того как вентиляторы очистят воздух в забое от образовавшихся во время взрыва газов, туда въезжает погрузочная машина. Она грузит отбитую руду в вагонетки, а потом электровоз везет их по штреку к стволу.

В последние годы на рудниках работает все больше самоходных безрельсовых машин на автомобильных колесах — *буровые станки, экскаваторы и погрузочные машины, самоходные вагонетки, самосвалы.*

Часть шахтерского труда взяла на себя автоматика. На Дегтярском медном руднике на Урале, на котором часть металла извлекают из-под земли с водой, многие машины и механизмы работают без машиниста. На дверях зала, в котором находится подъемная машина, висит замок: машиниста нет, а машина исправно выдает на-гора сверкающую блестками медного колчедана руду. Без машинистов работают и насосы, откачивающие подземную воду.

Забой под открытым небом

Каменный и особенно бурый уголь, фосфориты и серу, железную и никелевую руду и бокситы все больше добывают не в шахтах, а под открытым небом. А это значит — полная безопасность и чистый воздух для горняков, могучие машины и дешевые руда и уголь.

С каждым годом машиностроители выпускают все более мощную технику, которая удешевляет строительство карьеров. И потому ежегодно увеличивается число карьеров, так как при современном уровне техники выгоднее строить карьер, чем шахту. Как правило, карьеры строят с помощью *экскаваторов* и *автомобилей-самосвалов* или *электровозов с вагонами,* самоопрокидывающимися при разгрузке,— *думпкарами.* Экскаваторы постепенно срывают породу над залежью, а самосвалы или железнодорожные составы думпкаров отвозят ее в сторону и сбрасывают в отвал.

Если «крышка сундука» состоит не из песка или глины, а из твердых пород, например крепкого известняка, то камень сначала взрывают.

А Лебединский карьер на Курской магнитной аномалии, где масса этой «крышки» составляла 32 млн. т, помогли строить... корабли. Правда, не обычные корабли, а *плавучие земснаряды.* Сначала над залежью железной руды экскаваторы выкопали большую яму — котлован. Когда его заполнили грунтовые воды (а подземной воды на Курской магнитной аномалии целое море), туда спустили земснаряды.

В карьере. *Справа:* схема добычи открытым способом.
Внизу: автосамосвал «БелАЗ-548» грузоподъемностью 40 т.

Плавучий земснаряд — это небольшой корабль с ажурной стрелой, как у подъемного крана. К стреле прикреплена стальная фреза. Когда стрела опускается, фреза упирается в дно котлована и, вращаясь, разрушает это дно. Куски разрушенной породы вместе с водой затягиваются в воронку землесоса и мощными насосами по трубам выносятся из котлована далеко в степь.

Карьер построен. Сейчас он напоминает гигантский стадион: огромные уступы суживающейся лестницей спускаются к его дну. Если заглянуть вниз, то огромный карьер покажется совершенно безлюдным. И действительно, в карьере работает мало людей — гораздо меньше, чем в подземном руднике, хотя руды здесь добывают много больше, чем в самом большом подземном руднике.

На карьере работают такие машины, которые в шахте, под землей, просто бы не уместились. Например, *буровые станки с горелками,* действующими по принципу жидкостного реактивного двигателя. В камеру сгорания поступают керосин и кислород, а из сопел горелки со сверхзвуковой скоростью вырывается раскаленная до нескольких тысяч градусов

Цельсия струя газов. Эта струя мгновенно нагревает дно скважины, порода растрескивается на большие чешуйки, которые уносятся на поверхность теми же газами и паром, образующимся при охлаждении горелки водой. Масса такого станка составляет десятки тонн, по карьеру он передвигается на гусеницах, как танк. Над гусеницами возвышается кабина и высокая ажурная мачта.

Машинист проверяет на пульте по показаниям приборов давление кислорода, керосина и воды и включает станок. Прикрепленная к мачте станка

Ковш современного шагающего экскаватора может захватить до 25 м³ породы и перенести ее на расстояние 75—100 м.

реактивная горелка опускается, из ее сопел с грохотом вырывается раскаленная багровая струя газов. Минута — и горелка входит в крепчайший кварцит, как нож в масло. Грохот превращается в еле пробивающийся из-под земли гул. Только по белому пару, клубящемуся над скважиной, видно, что станок работает.

На других уступах карьера буровых станков не видно. Они уже сделали там свое дело — пронизали скалу скважинами. Потом эти скважины заполнили взрывчаткой, руду взорвали. Там теперь работают *скальные экскаваторы*. Ковшом, в котором помещаются десятки тонн камня, экскаватор зачерпывает раздробленный кварцит и грузит его в вагоны.

А на Уралмашзаводе в Свердловске проектируют машины еще более гигантских размеров — в их ковше будет помещаться больше камня, чем в железнодорожном вагоне. Гиганты экскаваторы будут ссыпать выкопанный ими грунт прямо в отвал. Для того чтобы порода из отвала не помешала работе карьера, у шагающих экскаваторов имеется стрела длиной 75—100 м. На такое расстояние они могут отнести наполненный грунтом ковш. Стоит только посмотреть на шагающий экскаватор — и сразу становится понятным, почему карьер намного производительнее шахты. Невозможно даже представить себе такую махину под землей.

За последние годы все больше карьеров строят без железнодорожных путей, руду и пустую породу возят там специальные карьерные *автосамосвалы*. В этом есть свои преимущества. Ведь в отличие от завода на карьере (как и на шахте) рабочее место — забой, уступ — все время движется. Выкопают руду в одном месте и переходят в другое. Экскаватору или тем более автомобилю передвинуться на новое место недолго и проще, чем переносить железнодорожные пути.

Чтобы работать с карьерными экскаваторами, нужны очень большие автомобили. Чем больше ковш экскаватора, тем больше должен быть и кузов автомобиля, иначе экскаватор не сможет набирать полезное ископаемое полными ковшами. Поэтому на карьерах работают самосвалы-гиганты, которые перевозят за один раз по 70 т груза.

Машины непрерывного действия

Но машины, о которых сейчас шла речь,— и экскаваторы, и электровозы, и автосамосвалы — не самые совершенные из существующих. Автомобиль сначала стоит под погрузкой, потом едет с грузом, потом разгружается, потом порожняком возвращается к экскаватору. Полезная работа тут — только поездка с грузом, а все остальное — потеря времени.

Драга — плавучее сооружение для добычи золота из прибрежных россыпей. Его рабочий орган — колесо с черпаками, а не ковш, как у обычных экскаваторов.

Внизу: огромный роторный экскаватор непрерывно подает породу на конвейер.

На железнодорожном транспорте при погрузке и разгрузке теряется времени еще больше. Экскаваторы большую часть времени тратят на повороты от забоя и к забою и на разгрузку ковша, а на собственно копание — значительно меньше. Для всех этих машин характерна работа с перерывами, они — машины периодического действия.

Там, где полезное ископаемое и пустые породы, в которых оно залегает, относительно мягкие, можно применить еще более производительные машины — *машины непрерывного действия*. У нас в стране они работают, например, в буроугольных и марганцевых карьерах на Украине.

Главная из этих машин — *роторный экскаватор*. Его назначение — копать. Но делает это роторный экскаватор совсем не так, как обычный ковшовый. На конце его ажурной стальной фермы вращается *ротор* — колесо с черпаком. Непрерывный поток угля, руды или пустой породы сыплется на конвейер, уносящий его от роторного колеса. За один час роторный экскаватор выкапывает и грузит на конвейер 3000 м^3 — больше, чем 10 четырехкубовых скальных экскаваторов. Здесь нет ни порожних рейсов, ни потерь времени на погрузку и разгрузку. Людей на таких машинах еще меньше, чем в любом карьере.

Машины непрерывного действия другого типа — *драги* — добывают золото из россыпей. Драга — это своеобразный корабль, немного похожий на земснаряд, но более сложный. Драга оснащена черпаками, беспрерывно захватывающими со дна водоема золотоносный песок, который тут же, на борту, промывается.

Нефтяные вышки в море.

Золото остается на драге, а пустой песок конвейеры уносят на берег. Чтобы драга могла работать и в небольших речках, нередко устраивают специальные запруды.

Драгами можно добывать не только золото, но и другие полезные ископаемые, которые содержатся в россыпях,— вольфрам, торий.

Подводная добыча полезных ископаемых

Часто полезные ископаемые обнаруживают неподалеку от берегов под морским дном. В Англии и в Японии, например, есть шахты, добывающие уголь, залегающий под морским дном. На острове Ньюфаундленд (Канада) есть большой рудник Вобана, в котором из-под океанского дна добывают железную руду. Наверху бороздят Атлантику корабли, а под ними электровозы тянут вагонетки с железной рудой...

Добыча нефти и газа из скважин, пробуренных в морском дне, со специальных эстакад или плавучих «островов» становится уже обычным делом. Этим занимаются сейчас десятки государств. Одной только нефти добывают со дна морей сотни миллионов тонн в год — почти пятую часть всей мировой добычи. Многие нефтяные скважины находятся в сотне километров от берега.

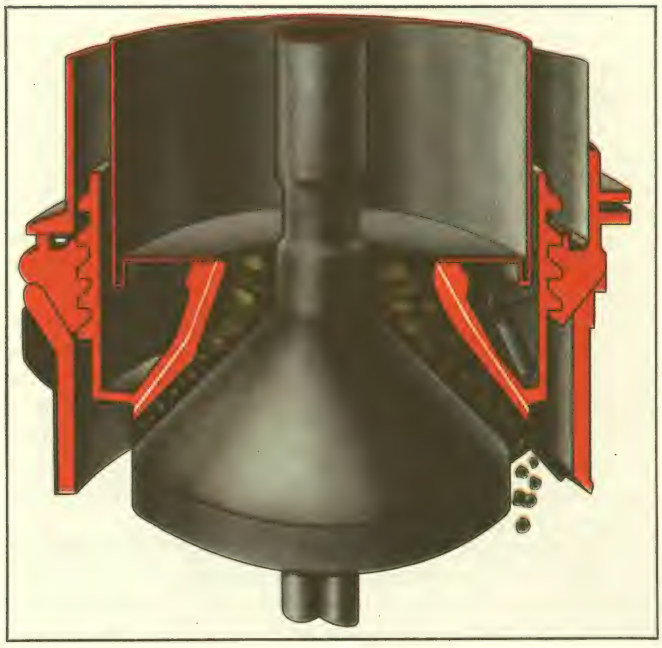
Наша страна начала добывать морскую нефть одной из первых. По Каспийскому морю плавает теперь мощный корабль «Хазар», который может пробуривать скважины глубиной до 6 км при 60-метровой глубине моря.

И все-таки мы еще очень мало знаем о богатствах дна морей и океанов. Но и то, что уже известно, поражает воображение. Огромные площади океанского дна покрыты сплошным слоем железомарганцевых руд с примесями многих других металлов. Кобальта в этих рудах в тысячу раз больше, чем в известных месторождениях на суше. А марганца там десятки миллиардов тонн.

Не имеет смысла оставлять такое богатство на дне морском, и уже сейчас ясно: в недалеком будущем в океане будут добывать многие полезные ископаемые, машины для этого уже создаются.

Как обогащают полезные ископаемые

В конусной дробилке стальной конус, вращаясь, раскалывает каменные глыбы.



Не так уж часто добытое из земных недр ископаемое можно сразу пускать в дело. Прежде чем выданный на-гора каменный уголь пойдет в топку, его надо освободить от примесей глины, известняка, песка. Почти все руды прежде всего подвергают операции, которая называется *обогащением*.

Например, в железистых кварцитах, которые добывают в карьерах Криворожского бассейна и Курской магнитной аномалии, железа меньше половины, а остальное в основном кварц. Поэтому руда идет из карьера не на металлургический завод, а на обогатительную фабрику.

Сразу после того, как *вагон-думпкар* или автосамосвал опрокидывает кузов над ямой приемного бункера фабрики, руда попадает в стальную башню, покрытую изнутри толстой броней. В башне ходит стальной конус, который, прижимая кварцит к плитам стенок, раскалывает каменные глыбы, словно орехи. Эта стальная башня называется *конусной дробилкой*.

В эту башню поступают куски камня размером иногда метра полтора, а выходит из нее крупный щебень. Он идет в следующую дробилку — поменьше. Из нее конвейер выносит мелкую щебенку и снова высыпает ее в дробилку, на этот раз последнюю. Там получается кварцитная крупа.

Из дробильного цеха кварцитную крупу направляют в измельчительный. Там крутятся огромные мельницы — цилиндры, наполненные стальными шарами, похожими на ядра старинных пушек. Эти шары истирают кварцит в порошок. Одни частицы порошка — кварцитные, другие — из магнитного железняка. Остается отделить частицы порошка друг от друга.

Это делает машина, снабженная специальными магнитами. Поток воды, смешанный с порошком из железистого кварцита, проходит между магнитами, и они, притягивая к себе пылинки магнитного железняка, направляют их в одну сторону, а частицы кварца уходят в другую. Порошок, богатый металлом, называется *железным концентратом*. Он на $^2/_3$ состоит из чистого железа. Машина, которая разделяет кварцитную муку на два сорта — бедную железом и богатую железом, называется *магнитным сепаратором*.

Но на этом превращение железной руды не кончается. Для того чтобы при плавке сквозь концентрат хорошо проходил кислород, порошок надо снова превратить в куски. Этот процесс так и называется — *окускование*. Есть разные способы окускования концентратов, но все они сводятся к тому, что мельчайшие частицы порошка спекаются. Для этого железный концентрат смешивают с коксом и изве-

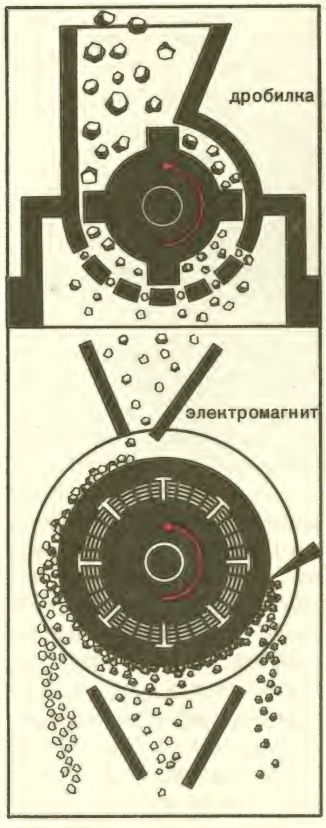


Схема магнитного способа обогащения руд. Сначала руду дробят, а потом сортируют на магнитном сепараторе. Пустая порода сразу ссыпается. Полумагнитная сначала прилипает к барабану, а потом под действием центробежной силы отбрасывается. Магнитная порода остается на барабане, с которого ее счищают специальные устройства.

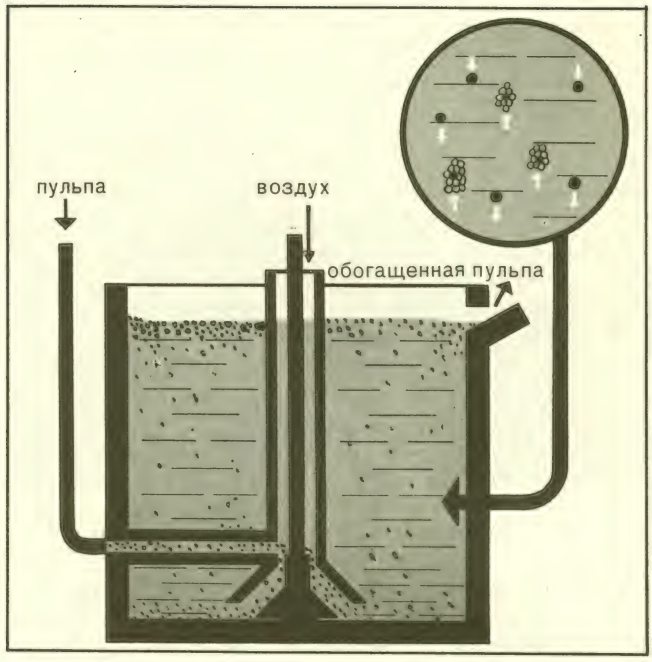
стняком и сильно нагревают. Так из концентрата получают *агломерат* — жесткие дырчатые куски сырья для доменных печей (см. статьи раздела «Как получают металлы»).

Для руд цветных металлов начало обогащения такое же: прежде всего их надо раздробить на куски и размолоть. Но дальше приходится поступать по-другому: ни медь, ни цинк, ни другие цветные металлы не притягиваются магнитом. Один из распространенных способов обогащения немагнитных руд — *флотация*.

Чтобы понять, что это такое, лучше всего проделать самому простой опыт. Возьмите виноградину и бросьте ее в стакан с водой. Удельный вес ягоды больше удельного веса воды, поэтому она сначала утонет. Но вскоре всплывет, вся покрытая мелкими пузырьками газа. Это растворенный в воде воздух. Его пузырьки прилипли к ягоде и, как поплавки, подняли ее на поверхность воды...

Примерно то же происходит и во флотационной машине. Измельченную руду смешивают с водой, в которую добавлены особые вещества — *пенообразователи*. Сквозь эту смесь — она называется *пульпой* — прогоняют воздух. Образуется огромное количество пены — мельчайших воздушных пузырьков. Они прилипают к частицам меди, серебра или свинца, но не прилипают к зернам примесей. Пустая порода тонет, а нужные нам зерна, хоть они и тяжелее, всплывают вместе с пеной.

Флотация — способ обогащения немагнитных руд. В камеру флотационной машины поступает смесь из мельчайшей руды с водой и пенообразователем (пульпа). Частицы рудных минералов всплывают, прилипая к пене, а частицы пустой породы тонут.



Теперь, после того как руду обогатили, ее можно отправить на выплавку. О том, как это делается, какими способами металлурги выплавляют чугун и сталь, а также цветные металлы, можно прочесть в другой главе этого тома ДЭ.

Как добывают соль

Любому пищевому продукту можно найти замену, даже хлебу; без многих видов продовольствия удается обойтись. Без соли — нет. Это единственный в мире продукт, который нечем заменить и без которого жизнь человека невозможна.

Медики установили, что в организме человека без соли не происходит обмена веществ, прекращается пищеварение. Живое существо, не получая соли, гибнет тем быстрее, чем больше пищи получает.

К счастью, природа с размахом запасла *галита*, как называют поваренную соль в минералогии. Например, в Советском Союзе сейчас разведано больше 100 месторождений с общими запасами свыше 100 млрд. т соли. Но природные ресурсы соли, даже по скромным оценкам, в сотни раз больше.

Добывать соль было трудно во все времена. Еще в начале XX в. это делали в основном вручную.

«Иди ты, брат, на соль! Там всегда найдешь работу. Всегда найдешь... Потому как дело это каторжное, отчаянное дело». Так говорят о добыче соли в рассказе М. Горького «На соли». И вот герой рассказа приходит на место разработок.

«Скоро передо мною развернулась картина соляной добычи. Три квадрата земли, сажен по двести, окопанные низенькими валами и обведенные узкими канавками, представляли три фазиса добычи. В одном, полном морской воды, соль выпаривалась, оседая блестящим на солнце бледно-серым, с розоватым оттенком пластом. В другом — она сгребалась в кучки. Сгребавшие ее женщины, с лопатами в руках, по колено топтались в блестящей черной грязи, и как-то очень мертво, без криков и говора, медленно и устало двигались их грязно-серые фигуры на черном, блестящем фоне жирной, соленой и едкой

Добыча озерной соли

В соляной шахте.
Внизу:
комбайн грузит соль.

«рапы», как называют эту грязь. Из третьего квадрата соль вывозилась. В три погибели согнутые над тачками рабочие тупо и молчаливо двигались вперед».

После революции в Советском Союзе было покончено с каторжным трудом соледобытчиков. Уже в 20-е годы на смену лопате, кирке и тачке пришли *соляные комбайны, врубовые машины, экскаваторы.* Механизация добычи и погрузочных работ вывела нашу страну на одно из первых мест по количеству добываемой соли. Сейчас Советский Союз за год получает столько соли, сколько в дореволюционной России добывали за 8—9 лет.

Способ добычи соли, который описал М. Горький, самый древний. Он называется *садочным* или *бассейным.* Бассейный способ добычи соли дожил до наших дней, но теперь он почти полностью механизирован.

Осенью на берегу моря выкапывают небольшой водоем. Его через канаву наполняют морской водой. Она здесь находится некоторое время, пока не осядут песок, глина, камешки. Затем ее выпускают в следующий бассейн, а весной — в третий. Все это время вода испаряется, концентрация соли в ней возрастает. К концу лета в последнем бассейне появляется слой соли. Его сгребают — *выволакивают.* Сейчас это делают с помощью *солеуборочного* комбайна. Затем соль складывают в бугры высотой 10—15 м. Дождевая вода промывает их, выносит ненужные химические соединения. Механизированные бассейные промыслы расположены на побережье Черного и Азовского морей, но они в настоящее время поставляют менее 1% соли в нашей стране. Почти 40% всей соли в Советском Союзе добывают на озере Баскунчак. Это величайшее в мире соленое озеро расположено в Астраханской области, на границе с Казахстаном. Его площадь — 106 км^2. Озеро и зимой, и ранней весной покрыто тонким слоем *рапы* — рассола, в котором концентрация соли достигает 300 г в 1 л.

Соль на озере Баскунчак добывают с помощью *соледобывающего комбайна.* За один час он добывает и грузит в вагоны около 300 т соли! Внешне комбайн выглядит как двухэтажный вагон, он двигается по рельсам, уложенным прямо на слой соли. Наверху пульт управления, внизу стоит мощная *фреза,* которая разрыхляет плотную соль. Затем ее смешивают с водой, и полученную *пульпу* насосами направляют в специальную камеру. Здесь кристаллы соли специальными приспособлениями отделяют от воды, промывают и грузят в железнодорожные вагоны, которые подъезжают к комбайну по параллельным рельсам. Отсюда соль направляют на мельницу.

За 1 ч «соляной корабль» успевает добыть столько соли, сколько раньше получали за то же время 200 ломщиков и 120 грузчиков, которые вывозили соль с помощью 300 верблюжьих повозок.

Благодаря механизации процесса и высокой производительности труда баскунчакская соль стоит дешевле песка из обычного карьера.

Соль, которая находится в недрах земли, добывают *шахтным способом.* Она возникла там многие миллионы лет назад. Время сделало соль чрезвычайно монолитной, твердой — *каменной.* Однако под действием высокого давления и высокой температуры соль в недрах Земли превращается в податливый, очень пластичный материал. При нагревании она расширяется сильнее окружающих пород и в конце концов начинает подниматься наверх. Огромные соляные массивы «всплывают» к поверхности земли, изгибая и раздвигая встречающиеся на пути пласты. Так под землей появляется гора соли — иногда такой же высоты, как и пики Памира. Их называют *соляными куполами.* Они обнаружены в Прикаспии, в Днепро-Донецкой и Северо-Германской впадинах и других местах. Самые крупные из них занимают площадь более 500 км^2, уходя вглубь на 5—8 км. В Таджикистане есть купола, выходящие на поверхность. Например, Ходжа-Мумын, или Соляная гора, высотой 900 м. Ее купол по форме напоминает шлем. Озеро Баскунчак также расположено на вершине большого соляного купола.

Горняки с помощью врубовых машин, а иногда и взрыва отбивают от соляного массива глыбы, которые затем дробятся и поднимаются на поверхность. Здесь соль размельчают, очищают от пыли и примесей, расфасовывают в пачки, укладывают в ящики, коробки. Рука человека не прикасается к ней на всем ее пути — от забоя до обеденного стола.

На соляных шахтах Советского Союза работают *самоходные буровые установки,* мощные *электрические экскаваторы, электрические подъемники, врубовые машины, электровозы, горнопроходческие комбайны* — самая современная горная техника.

Лучшую пищевую соль «Экстра» получают на солеварочных заводах *вакуумным способом.* В толщу соли, залегающую под землей, через скважины нагнетают пресную воду. Соль растворяется в ней, и наверх насосы выкачивают уже рассол. Его сначала очищают, а затем направляют в камеры, где создается пониженное давление — вакуум. При давлении меньше атмосферного рассол начинает кипеть при более низких температурах, чем обычно, и активно испаряется. Кристаллики соли выпадают в осадок. Центрифугой их отделяют от жидкости. Так получают соль очень тонкого помола — «Экстра».

Вакуумную соль в Советском Союзе готовят три предприятия: в городе Усолье, стоящем на берегу реки Ангары, Славянские заводы в Донбассе и завод близ Еревана. В Усолье, например, в год получают 260 000 т соли. Для этого в вакуумных аппаратах выпаривают больше 1 млн. м^3 рассола!

Наиболее крупные месторождения каменной соли в СССР образовались свыше 25 млн. лет назад на Урале, в районе Донбасса и Прикаспийской низменности. На Артемовском месторождении в Донбассе, например, встречены пласты каменной соли мощностью 50 м. Здесь находится одна из самых больших соляных выработок в мире. После выемки соли под землей образуются просторные, высокие пещеры, напоминающие хрустальные сказочные залы.

На торфяных разработках

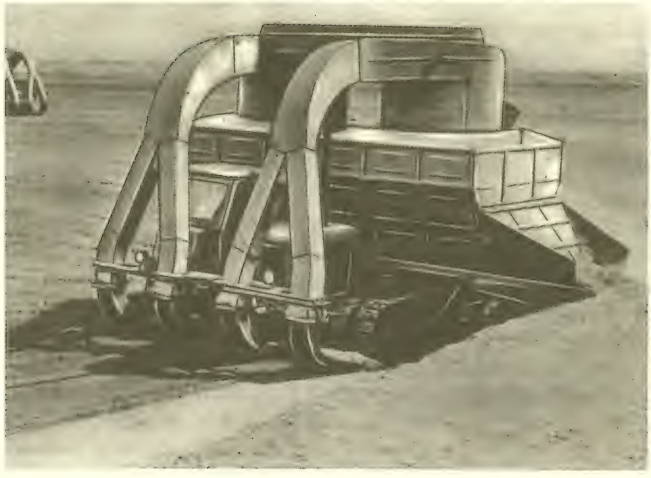
Торф рождается в болотах. Именно там создаются условия для разложения остатков растений: влаги много, а доступ воздуха из-за воды ограничен.

Проходят тысячелетия, и на месте болот образуется коричневая или землисто-черная масса, волокнистая, иногда пластичная. Пласт этой массы непрерывно увеличивается в размерах — слой торфа каждый год становится толще на 1 мм.

Перед тем как торфяную залежь начнут разрабатывать, ее обязательно осушают. Это делают сейчас

Машина для уборки крупных пней.

Мощные вентиляторы засасывают торф в бункер гусеничного комбайна.



и делали раньше. Только раньше это делали вручную, как и все другие операции по добыче торфа. Рабочие рыли канавы, разбивая всю площадь месторождения на одинаковые квадраты. Вода сначала стекала в мелкие — *картовые каналы*, из них в более крупные — *валовые*, а затем по магистральным каналам уходила за пределы разрабатываемой площади.

Залежь подсыхала, ее очищали от деревьев, кустарников, пней. Начиналась добыча. Один рабочий лопатой вырезал в торфяной массе ровные куски. Другой — его напарник — отвозил их на тачке далеко в сторону, на поле сушки. На нем торфяные кирпичи укладывались в различные фигуры так, чтобы быстрее сохли. Через 40—50 теплых дней, когда влажность кирпичей не превышала примерно 45%, их складывали в штабеля. Их дальнейший путь — в топки котельных. Этот способ добычи торфа — его называют *резным* — самый старый. Сейчас его уже не применяют.

Во второй половине XIX в. на торфяных разработках появились *элеваторные установки* — длинные транспортеры. Рабочие лопатами бросали на элеватор куски торфа, который доставлял их в пресс. Здесь торф измельчался, перемешивался, уплотнялся — получалась сплошная коричневая полоса. Рабочие подсовывали под нее доски, прямо на них рубили полосу на кирпичи и вместе с досками грузили в вагонетки. В них груз доставлялся на поле сушки. Потом вагонетки были заменены канатными транспортерами.

Торф — это и топливо, и строительный теплоизоляционный материал, и удобрение, и сырье для химической промышленности. Но тяжело доставалось людям это ценное полезное ископаемое — тяжелы были и методы его добычи, и условия торфоразработок. Только полная механизация могла избавить торфоразработчиков от тяжелого физического труда.

Экскаваторы дали отставку лопате: теперь их ковши отделяют куски торфа от массива и разрабатывают залежь на глубину до 4,5 м. При этом ширина выемки может достигать 13 м. На мощных экскаваторах стоят прессы, которые тут же перемешивают и перетирают торф. Затем он попадает в кузовы *стилочных машин*, которые выкладывают торф на полях сушки в виде полос. Механические «торфоразработчики» режут полосы на кирпичи, а другие машины через две недели переворачивают их для лучшей сушки и потом складывают в валки.

Но как ни хорош *экскаваторный способ*, он все-таки требует ручного труда. Поэтому сейчас с его помощью добывают всего 5% торфа.

Наиболее производительным оказался *фрезерный способ* добычи торфа — с его помощью сегодня добывается 95% торфа.

Торфяное поле предварительно разбивается каналами на карты — участки длиной 0,5 км и шириной 20 или 40 м. Каждому такому прямоугольнику придается выпуклый профиль: к середине его делают чуть более высоким — на 40 см выше пограничных зон участка. Торф тогда лучше сохнет, потому что вода скорее стекает в каналы.

Затем на поле выезжает необычный *гусеничный комбайн*. Впереди у него большие *всасывающие сопла*, а сзади *фрезерные барабаны* — полые катки с множеством штырей. Когда эта машина движется по полю в первый раз, работают только фрезерные барабаны. Своими штырями они кромсают — фрезеруют — верхний сантиметровый слой торфа. За сутки этот рыхлый слой подсыхает, и комбайн убирает его всасывающими соплами, одновременно фрезеруя барабаном следующий слой, который предстоит убирать завтра.

В сопла торфяную крошку затягивает мощный «пылесос» — *центробежный вентилятор*. Он создает разрежение в специальном бункере, и наружный воз-

дух устремляется в него через сопла. Вместе с собой он увлекает и торфяную крошку, лежащую на поверхности поля.

Воздух с торфяными частицами сначала попадает в перевернутый металлический стакан диаметром около 2 м. В нем смесь воздуха и торфяных частиц закручивается, образуя небольшой вихрь. Крошки под действием собственного веса постепенно опускаются вниз, в кузов, а очищенный воздух вылетает наружу.

Во время «полета» торфяная крошка успевает основательно подсохнуть. Ленточный транспортер выносит торф из кузова комбайна, который вываливает его на краю карты в штабель. Затем фрезерованный торф грузится в вагоны узкоколейной железной дороги. Иногда такая дорога ведет прямо к электростанции.

Запасы торфа в Советском Союзе составляют 158 млрд. т — почти $^2/_3$ мировых ресурсов торфа, а добывается ежегодно больше 80 млн. т. Торф — один из видов местного топлива.

Расчеты показывают, что в некоторых местах использовать торф для получения электроэнергии выгодно. В Ленинградской области, например, дешевле топить торфом, чем углем, завезенным из Донбасса или Печерского бассейна. В больших количествах сжигают торф в таких странах, как Швеция, Финляндия, Дания.

Однако если по теплоте сгорания торф уступает многим видам топлива, то как удобрение торф очень полезен. Если торф внести в скудные земли, то они на десятилетия превращаются в плодородные. Из бурой массы торфа можно также готовить белковые вещества — ценный корм для скота, делать для него гигиенические подстилки. Торф годится и для получения горного воска, нужного металлургии, медицинских препаратов и многих других полезных веществ. Поэтому в Советском Союзе количество торфа, попадающего в топки, с каждым годом уменьшается. И наоборот, все больше этого ценного полезного ископаемого идет в сельское хозяйство и промышленность.

Откуда берутся алмазы

Зачем нужны алмазы!

Алмаз — это самый драгоценный камень, и многие уверены, что алмазы нужны только для украшений. Это ошибка. Алмазы нужны прежде всего для обработки металлов. И поэтому $^3/_4$ (если не больше) добываемых на Земле алмазов использует промышленность. Алмазный бур сверлит твердые горные породы быстрее любого другого. Шлифовальные круги с алмазной крошкой шлифуют металлы быстрее и чище других шлифовальных кругов. Алмазными инструментами можно обрабатывать твердые сплавы, которые не берет никакая сталь, природные и искусственные кристаллы и драгоценные камни. Одним словом, алмазы совершенно необходимы современной технике.

Алмазные трубки и россыпи

Самый твердый на Земле минерал алмаз образовался в ее недрах, когда раскаленная магма миллионы лет назад прорывала земную кору сквозь толщу богатых углеродом пород. Эти прорывы похожи на жерла вулканов; геологи называют их трубками взрыва, потому что магма извергалась из недр подобно взрыву.

Некоторые из этих трубок заполнены похожей на глину породой голубоватого цвета. По имени Кимберли — места в Южной Африке, где ее впервые обнаружили,— голубоватую глину назвали *кимберлитом*. В ней и находят *алмазные кристаллы*.

Долгое время алмазоносные кимберлитовые трубки были известны только в Южной Африке. Лишь осенью 1954 г. советские геологи нашли кимберлитовую трубку в непроходимой якутской тайге. После этого в Якутии было найдено еще много алмазоносных трубок, и сейчас Советская Якутия — всемирно известный район промышленной добычи алмазов.

В Бразилии, в Индонезии, в Австралии, в Африке и у нас на Урале алмазы находят и по берегам рек, в каменных россыпях (см. т. 1 ДЭ, ст. «Как ищут месторождения полезных ископаемых»).

Добывают алмазы чаще всего открытым способом. Только в Южной Африке сохранились еще алмазные копи — глубокие шахты, построенные на кимберлитовых трубках. Чтобы добыть 1 кг алмазов, нужно переработать в среднем 20 тыс. т породы.

Что такое алмаз!

По химическому составу алмаз то же самое, что уголь или графит. Разница, однако, есть: атомы углерода сложены в угле, графите и алмазе по-разному. Именно благодаря этому различию алмаз —

Алмазы, добытые в Якутии, в районе месторождения «Трубка мира».

твердейший из материалов, созданных природой. Люди издавна стремились понять, как устроен алмаз.

Но только к концу XIX в. условия «задачи об алмазах» вырисовывались уже довольно четко. Если пользоваться способом, принятым в учебниках по геометрии, то записать их можно примерно так:

Дано:

Первое. Уголь, графит и алмаз — это одно и то же, один и тот же химический элемент — углерод.

Второе. Углерод упакован в алмазе плотнее, чем в графите, а в графите — плотнее, чем в угле. Только этим можно объяснить, что относительные плотности этих веществ различны (3,5—2,2—1,3).

Третье. Углерод-алмаз можно превратить в углерод-графит.

Спрашивается:

Если алмаз можно превратить в графит, то нельзя ли графит превратить в алмаз? Можно, но для этого надо воспроизвести природные условия рождения алмаза — очень высокую температуру и колоссальные давления. Какие именно?

Ответ на этот вопрос нашел советский физикохимик О. И. Лейпунский в 1939 г.: не меньше 2000° С, не меньше 6 ГПа. Однако никаких искусственных алмазов в то время получить не могли: техника 40-х годов не располагала возможностями для достижения таких температур и давлений.

Как сделать алмаз!

Сегодня такая техника уже есть. В мощный пресс ставят особое устройство — камеру высокого давления. Попросту говоря, коробочку, сделанную из самого твердого и тугоплавкого сплава, способного выдержать очень высокие давления при очень высоких температурах. В коробочку закладывают нечто вроде бутерброда из графита и никеля или графита и железа. Туда же подводится и электричество, чтобы с его помощью нагревать камеру с «бутербродом». Когда давление в камере достигает примерно 10 ГПа, а температура — около двух тысяч градусов, в тонкой пленке между расплавленным металлом и графитом появляются первые кристаллики — искусственные алмазы.

Первые синтетические алмазы в СССР были изготовлены в 1960 г. в Москве, в Институте физики высоких давлений, под руководством академика Л. Ф. Верещагина.

А вскоре в Киевском институте сверхтвердых материалов под руководством В. Н. Бакуля было создано промышленное оборудование для синтеза алмазов и налажен их массовый выпуск.

Институт сверхтвердых материалов — это одновременно и научное учреждение, и завод. Открытия, сделанные в его лабораториях учеными, подхваты-

Синтетические поликристаллы алмазов.

Алмазная пила с внутренней режущей кромкой.

вают инженеры, которые конструируют необходимые аппараты и организуют новое производство. Здесь делают и штучные алмазы — для буровых коронок и стеклорезов, но главное — алмазные порошки и пасты.

Эти порошки и пасты необходимы для окончательной шлифовки, доводки, притирки наиболее точных деталей различных механизмов. Особенно если эти детали сделаны из природных алмазов, рубинов, сапфиров, или из титановых и вольфрамовых сплавов, или из керамики и стекла. Нельзя обойтись без алмазных порошков и при обработке основных полупроводниковых материалов — кремния и германия.

Сейчас в нашей стране есть и другие предприятия, на которых делают искусственные алмазы. Так что промышленность Советского Союза и братских социалистических стран уже не испытывает недостатка в алмазах — фабрики и заводы могут получить столько алмазов, сколько им нужно. Инструменты с искусственными алмазами — *буровые коронки, шлифовальные круги, фильеры* для протяжки тонкой проволоки (например, для спиралей электрических лампочек), *пилы* для особенно твердых и ценных материалов становятся привычными и необходимыми на заводах и фабриках.

А ученые идут дальше. В последние годы в СССР удалось синтезировать особо прочные и крупные синтетические алмазы, в которых множество мелких кристаллов срослись в один «общий кристалл» — он называется *поликристаллом*. Такими поликристаллами, впаяв их в резец, точат металлические детали на станке.

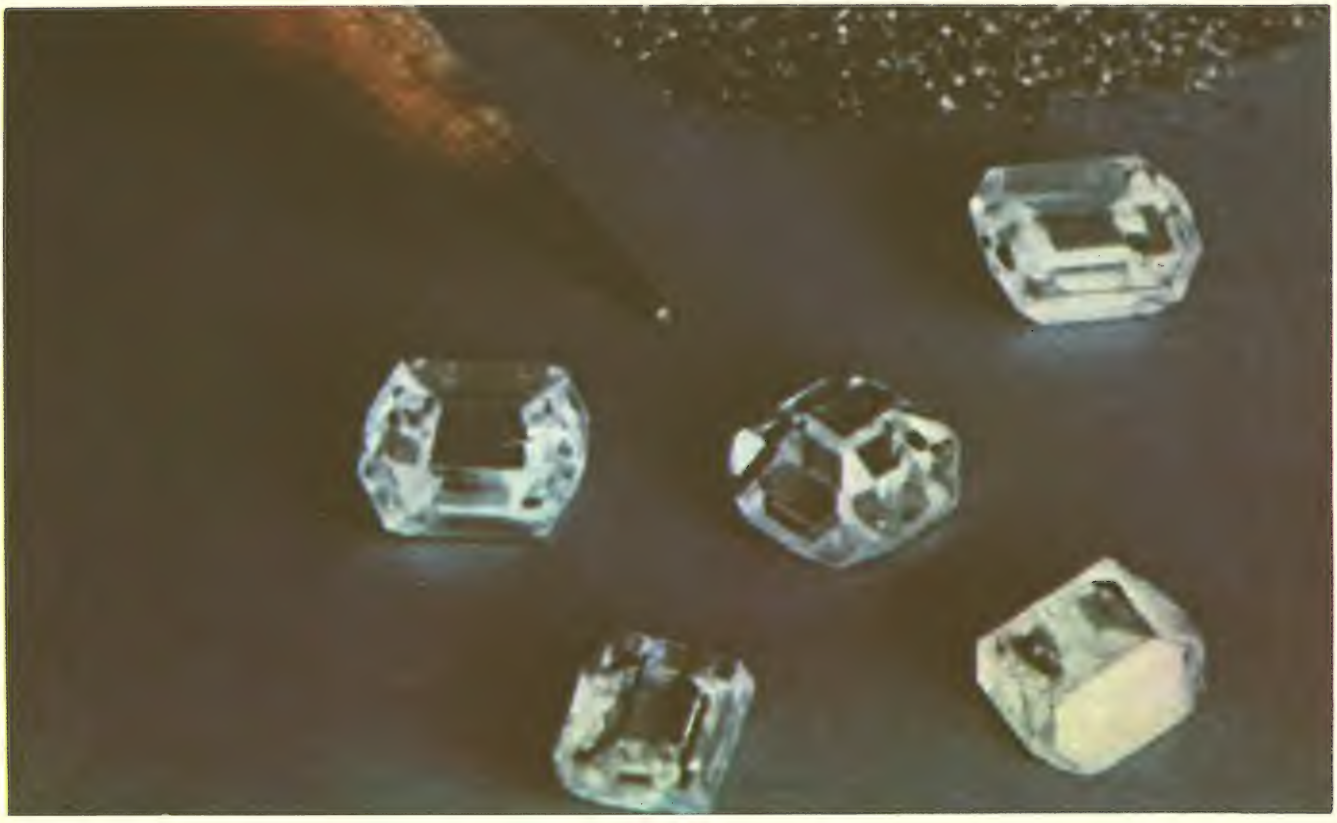
Это новое достижение советских ученых станет, быть может, началом настоящего переворота в машиностроении: оно дает возможность в несколько раз увеличить скорость обработки металлов и других твердых материалов.

Техника использует 90% всех существующих алмазов — природных и искусственных. А 10% — это ювелирные алмазы — *бриллианты*.

Техника обработки алмазов

Красота алмазных кристаллов, сложность искусства их огранки — придания камням совершенной многогранной формы — делают алмаз самым драгоценным из драгоценных камней.

Из графита можно сделать грифель такого карандаша, а можно — такие бриллианты.



Единица массы драгоценных камней — карат («кар» — в переводе с арабского «вес зерна» — равен 0,2 г). Бриллиант массой в 1 карат считается довольно большим, камень в 10 карат — редкая драгоценность.

Строгая, благородная красота алмазов зависит не только от их природных свойств. Человек придает алмазным кристаллам определенную форму.

Эта форма далеко не случайна. Она обусловлена физическими законами преломления и отражения светового луча. Грани бриллиантов располагаются так, что бóльшая часть падающего на ограненный кристалл света не пронизывает его насквозь, а, неоднократно преломляясь, отражается от граней вовнутрь камня. Этим и объясняется неповторимая красота сверкания хорошо ограненного алмаза.

Грани в каждом камешке располагаются по строгой геометрической схеме, ступенями. В каждой такой ступени все грани одинаково наклонены к вертикальной оси кристалла. Мастер-огранщик знает и чувствует каждый угол и соблюдает его с большой точностью, несмотря на то что удерживать кристалл при работе с ним, особенно маленький, очень трудно даже с помощью сложных специальных приспособлений. Бриллиантовые грани шлифуют вращающимся чугунным диском, в поверхность которого втерт алмазный порошок (теперь это чаще всего синтетический алмазный порошок).

До сих пор бриллианты делали только из природных алмазов. Но это не значит, что их нельзя делать из алмазов, изготовленных искусственно. Уже синтезированы прозрачные кристаллы хорошей формы массой в карат. Но пока еще они очень дороги, значительно дороже природных такой же величины.

Первый в мире синтетический бриллиант был изготовлен в 1967 г. бельгийским ювелиром Бонруа из кристалла размером около одного миллиметра, синтезированного в Киеве.

Как получают металлы

Черная металлургия

Металлы вокруг нас

Много тысячелетий прошло с того времени, когда человек научился пользоваться металлами, и с тех пор они заняли важное место в его жизни. Сегодня мы встречаемся с металлами на каждом шагу: металл — это космические корабли и могучие океанские лайнеры; железные дороги и каркасы многоэтажных зданий; мосты и автоматические станки; многочисленные предметы нашего быта.

Природа неохотно расстается со своими богатствами. Сложный и длинный путь проходит руда, прежде чем превратится в металл. Ученые, инженеры, рабочие постоянно заняты сокращением этого пути, усовершенствованием его, улучшением качества металла. Вместе с тем они думают и над тем, как облегчить труд металлургов: ведь металлургическое производство горячее и труд на нем нелегкий.

Итак, друзья, перед вами огненная страна — металлургия.

Железо, сталь, чугун

В таблице Менделеева много металлов, но первое место среди них по праву принадлежит железу.

В самородном состоянии железо на Земле не встречается. Как только молекулы этого металла соприкасаются с кислородом, они соединяются с ним, и поэтому в природе железо находится обычно в виде *окислов*. На заре своей истории люди использовали железо метеоритов. Но практическое значение этот металл приобрел лишь тогда, когда человек научился получать его из руды.

Умение получать железо из руды, обрабатывать его, создавать различные сплавы совершенствовалось на протяжении всей истории человечества.

Греческий философ Аристотель, живший в 384—322 гг. до н. э., уже описывает способ получения некоторых сортов железа и говорит о «землях», из которых железо извлекали, т. е. о *железной руде*.

Человек использует железо не в чистом виде, а в виде сплавов с другими химическими элементами — примесями или специальными добавками. Непременный компонент железных сплавов — углерод. Если углерода совсем мало, не больше 0,04%, то сплав сохраняет природные физические свойства *железа* и

его название. Если в сплав входит до 2% углерода, то металл приобретает высокую твердость, но остается пластичным. Это *сталь*. А если углерода еще больше, металл становится еще более твердым и в то же время хрупким: такой сплав называют *чугуном*.

В состав чугуна и стали наряду с углеродом входят и другие примеси, которые попадают в сплав из руды и прочих шихтовых материалов. Одни из них, например кремний и марганец, придают сплаву ценные свойства, другие — сера, фосфор, мышьяк — вредны, так как делают его ломким.

Миллиарды тонн стали, превращенной в машины, инструменты, каркасы различных зданий, мосты, рельсы, верно служат человеку. На каждого жителя Земли в среднем приходится около 2 т стали. Несмотря на широкое применение в последнее время других металлов — алюминия, титана и сплавов, созданных на их основе, доля железа в мировом производстве всех металлов с конца XIX в. и поныне практически остается той же — примерно 95%.

По тому, сколько выплавляют ежегодно стали в среднем на душу населения той или иной страны, мы судим, насколько она промышленно развита. В дореволюционное время в России на душу населения приходилось меньше 30 кг стали в год. Выплавка стали в СССР в 1970 г. по сравнению с дореволюционным уровнем выросла почти в 30 раз и на душу населения приходилось при этом примерно 0,5 т этого металла.

Девятый пятилетний план развития народного хозяйства СССР предусматривает увеличение выплавки стали к 1975 г. до 142—150 млн. т.

Что требуется для выплавки чугуна

На современных металлургических заводах железо из руды выплавляют в доменных печах. В них получают чугун. Из чугуна разными способами (о них будет рассказано ниже) производят сталь. Нужную форму металлу придают прокаткой, ковкой, штамповкой или литьем. Путь от железной руды до готового металла называют *металлургическим циклом*.

Металлургический цикл начинается с подготовки руды — ее *обогащения* (см. ст. «Как обогащают полезные ископаемые»). Но полученный после обогащения порошкообразный рудный концентрат еще не пригоден для плавки: порошок нужно подвергнуть *окускованию — агломерации* или *окатыванию*. В первом случае его спекают и получают *агломерат*, а во втором случае влажный концентрат превращается в комки — *окатыши*. Вот теперь руда уже готова «принять участие» в доменном процессе.

Специальной подготовки требует и топливо — каменный уголь: ведь в нем содержится много примесей (особенно серы), крайне вредно влияющих на металл. Поэтому уголь *коксуют*. Делается это так.

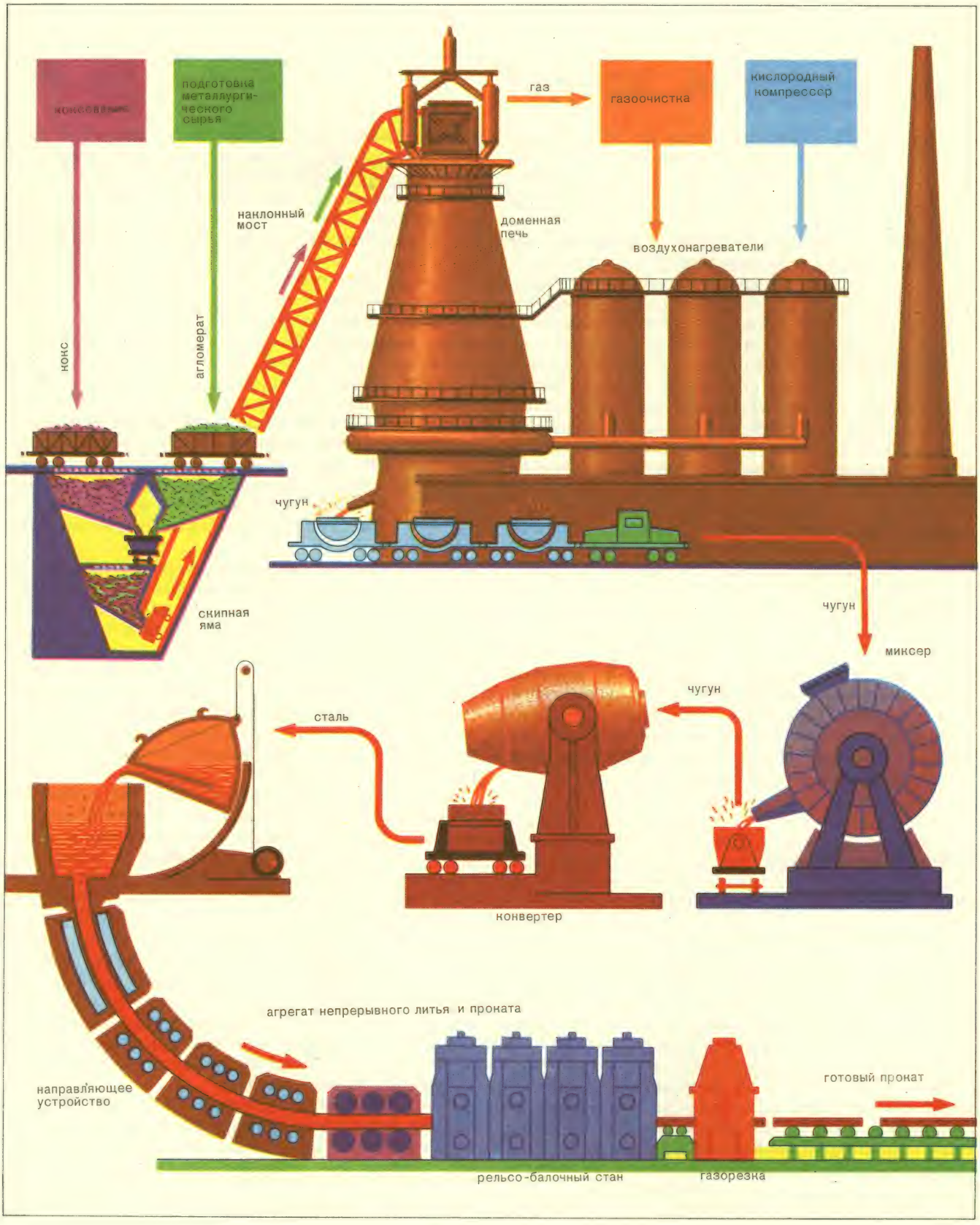
Уголь размалывают в тончайший порошок и помещают в особые печи — камеры. Несколько десятков таких камер составляют *коксовую батарею*. Порошок прогревают без подачи воздуха, постепенно увеличивая температуру. Когда вся масса угольного порошка прогреется насквозь, порошок спекается и получается каменноугольный «пирог» — *кокс*. Он пористый и поэтому в доменной печи быстрее вступает в контакт с горячим воздухом. В коксе гораздо меньше примесей, чем в угле: часть их уходит вместе с коксовым газом, который выделяется при нагреве угля. Из этого газа затем получают много полезных продуктов (см. статьи раздела «Химическая промышленность»).

Вместе с рудой и коксом в доменную печь вводят *флюсы* (известняки). Их назначение — понизить температуру плавления пустой породы, содержащейся в рудах, чтобы облегчить ее переход в шлак. В последние годы флюсы стали примешивать к руде еще при ее подготовке к плавке. Большинство доменных печей Советского Союза теперь работают на таком сырье, оно называется *офлюсованным агломератом*.

Смесь материалов, загружаемых в доменную печь для получения металла заданного химического состава, называется *шихтой*.

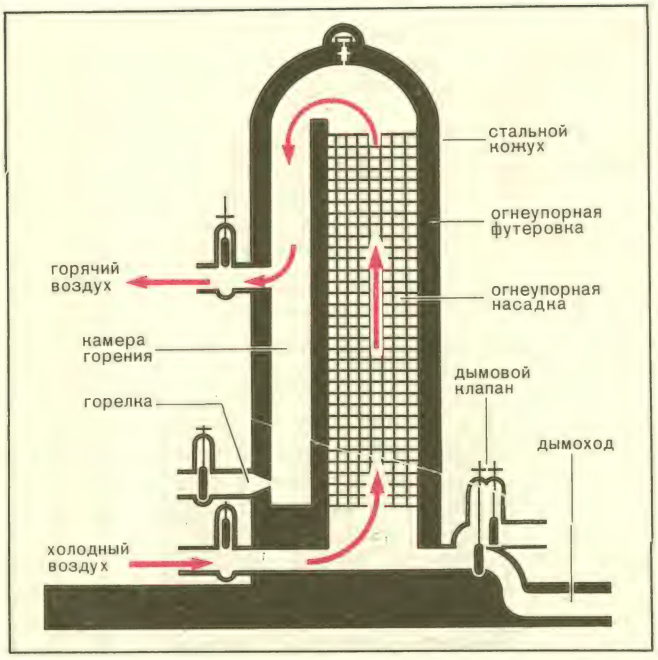
Для плавки нужен и *воздух*. Без него, точнее без кислорода, нет горения. А чтобы доменный процесс протекал успешнее, воздух тоже необходимо подготовить — нагреть. Для этого используют тепло горячих газов, отходящих из доменных печей. После очистки газы направляются по трубам к *воздухонагревателям (кауперам)* — высоким башням, разделенным внутри на две части по вертикали: в одну пускают доменный газ, в другую — воздух. Проходя вдоль башни, горячий газ отдает кирпичу тепло. Когда кирпич достаточно нагреется, доступ газу закрывают и впускают в воздухонагреватель холодный воздух. Проходя между горячими кирпичами, воздух нагревается до 1000—1200° С. Затем его направляют по трубам к доменной печи.

Воздухонагреватель нагревают обычно около 2 ч, а потом в течение часа он подает в доменную печь горячий воздух. Поэтому для бесперебойной работы печи нужны 3—4 воздухонагревателя: 2 или 3 из них греются, а остальные в это время подают нагретый воздух в доменную печь.


коксование
подготовка металлургического сырья
газ
газоочистка
кислородный компрессор
наклонный мост
доменная печь
воздухонагреватели
кокс
агломерат
чугун
скипная яма
чугун
миксер
чугун
сталь
конвертер
агрегат непрерывного литья и проката
направляющее устройство
готовый прокат
рельсо-балочный стан
газорезка

◀ Общая схема металлургического цикла.

В воздухонагревателе нагревают воздух перед впуском в доменную печь.



Доменная печь

Доменные печи были изобретены около 600 лет назад. С тех пор их размеры и производительность непрерывно растут.

В старой России преобладали доменные печи объемом 200—300 м³, однако на Урале еще действовали и совсем маленькие старые печи, объемом всего 20—30 м³.

В годы первых пятилеток в нашей стране начали строить печи объемом более 1000 м³. В последние годы на металлургических заводах нашей страны вступили в эксплуатацию гигантские доменные печи, объемом 3000 м³. Дневной рацион такого исполина — несколько железнодорожных эшелонов шихты, а годовая производительность — свыше 2 млн. т чугуна.

Но и это не предел. В 1972—1973 гг. у нас начали строить доменные печи объемом 5000 м³. В год такая печь будет выплавлять столько чугуна, сколько давали все домны царской России, вместе взятые,— примерно 4 млн. т!

Современная доменная печь — это башня высотой с 30-этажный дом. Снаружи она одета в стальную «рубашку», внутри выложена огнеупорным кирпичом.

Главные части доменной печи — *колошник, шахта* и *горн*.

Через колошник отводят газы и загружают в печь сырые материалы. Затем материалы под действием собственного веса опускаются в шахту, а оттуда в горн, куда под большим давлением через специальные отверстия — *фурмы* — вдувают горячий воздух, поступающий из воздухонагревателей. В горне сгорает кокс и развивается очень высокая температура — более 2000° С. В нижней части горна находятся отверстия — *летки* — для выпуска чугуна и шлака.

В последние годы в доменные печи стали вдувать также природный горючий газ. Это позволяет значительно снизить расход кокса. Особенно эффективно применение природного газа вместе с чистым кислородом.

Посмотрим, как обслуживаются современные доменные печи.

Возле доменных печей сооружают *бункера* (ямы). Это склады, откуда доменные печи получают необходимое им питание. Здесь при помощи автоматизированных *вагонов-весов* составляется шихта, нужная для плавки чугуна.

На новейших домнах применяется транспортерная подача. С транспортера материалы высыпают в бункер. В него упирается нижняя часть наклонного моста, приставленного к печи. По мосту при помощи канатов и подъемных механизмов вверх и вниз курсируют особые тележки — *скипы*. В то время как один скип наверху разгружается в печь, другой внизу загружается.

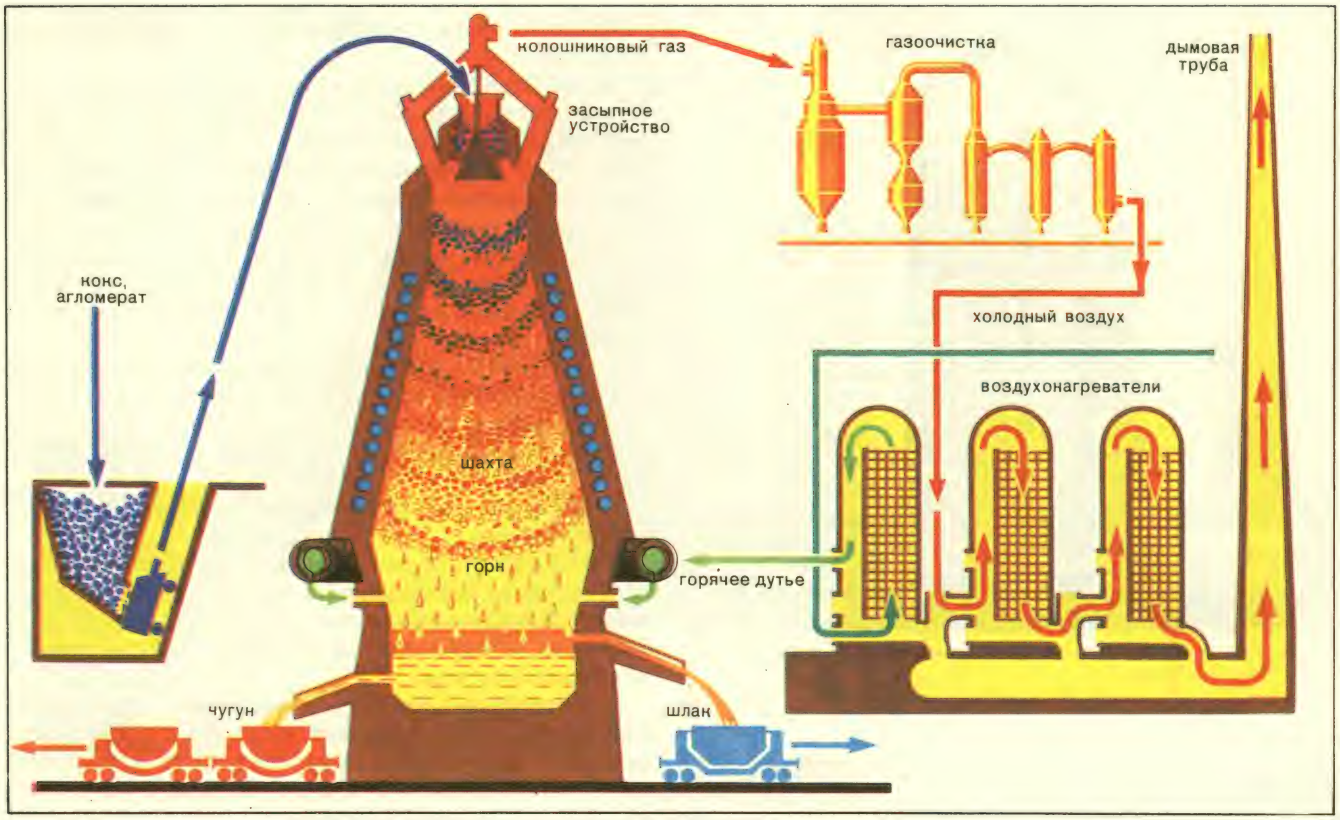
Что же происходит внутри печи? У фурм вдуваемый воздух *(дутье)* встречается с коксом. Сгорая, кокс образует углекислый газ. Под влиянием высокой температуры он превращается в окись углерода, которая вступает в контакт с железной рудой, и освобождает ее от кислорода — *восстанавливая железо*.

Железо восстанавливается также в результате соприкосновения с раскаленным коксом. Проходя через слой кокса, восстановленное железо насыщается углеродом — *образуется чугун*.

Накапливающийся в печи жидкий чугун выпускают через летки, затем он по желобу течет в канавы, выложенные огнеупорной массой.

При прежних режимах плавки (без применения чистого кислорода, природного горючего газа и т. д.) чугун выпускали через каждые 3—4 часа, затем через каждые 2 часа. Из гигантских домен, объемом 3000 м³, чугун практически выпускают непрерывно. На этих печах уже не 1, а 2 или 3 летки для выпуска чугуна и по 2—3 литейных двора.

Схема доменного процесса. Из руды, кокса, флюсов получают чугун.



Если чугун предназначен для изготовления из него отливок *(литейный чугун)*, он из канавы попадает на разливочную машину, где превращается в продолговатые бруски — *чушки*. Если же он предназначен для передела в сталь *(передельный чугун)*, его сливают в стоящие наготове на железнодорожных путях ковши и транспортируют в сталеплавильный цех. На долю передельного чугуна приходится примерно 80 % продукции доменных цехов.

Строительство крупных доменных печей, применение природного газа, кислорода, дутья, нагретого до температуры 1200° С и выше под высоким давлением, сделали управление такими домнами очень сложным. Даже высококвалифицированные мастера не в состоянии проанализировать показания многочисленных приборов, которыми оснащены доменные печи. Им помогают электронные вычислительные машины, которые контролируют ход процесса. В случае отклонения от нормы ЭВМ отдают необходимые команды об изменении состава шихты, дозировки дутья, газа и кислорода, повышении или понижении температуры дутья и т. п. ЭВМ стали советчиками мастеров доменных печей.

Чугун превращается в сталь

Итак, чтобы отнять у окислов железа кислород, его заставили соединиться с углеродом. Получили чугун. Теперь же, чтобы получить сталь, надо выжечь из чугуна избыточный углерод, т. е. соединить его с кислородом.

В древности углерод из металла почти полностью выжигали в примитивных *кричных горнах* (поначалу это были простые ямы, вырытые на склонах гор с наветренной стороны), а чтобы железо обрело твердость, его затем снова насыщали углеродом. Позднее широкое распространение получил способ так называемого *пудлингования*. *Пудлинговая печь* — это тот же кричный горн, превращенный в пламенную печь, в которой рабочее и топочное пространства разделены пламенным порогом. Это позволило постоянно перемешивать металл. Отсюда и произошло название процесса — *пудлингование*, т. е. перемешивание.

Сталь варили также в *тиглях* (небольших огнеупорных сосудах), расплавляя в них металлическую шихту. Так получали, например, славившуюся на весь мир *булатную сталь*.

Но ни один из применявшихся ранее способов не мог удовлетворить все возраставшие потребности промышленности в стали.

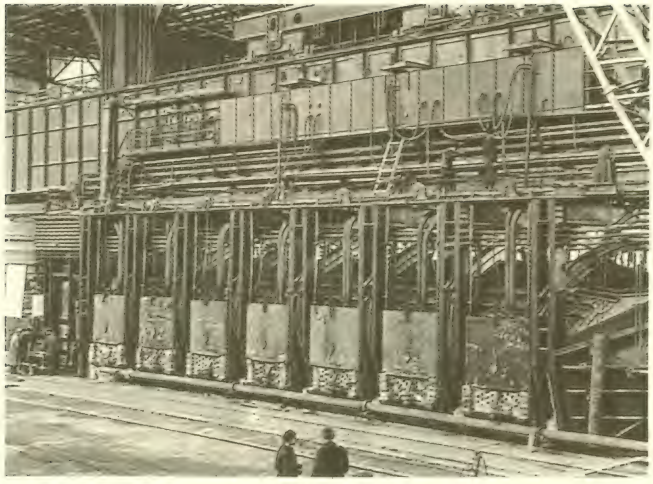
Быстрый и удобный способ превращения чугуна в сталь разработал в 1856 г. англичанин Г. Бессемер. Он предложил продувать расплавленный жидкий чугун воздухом в расчете на то, что кислород воздуха соединится с углеродом и унесет его в виде газа. Бессемер опасался только, как бы воздух не остудил чугун. На деле же получалось обратное — чугун не только не остывал, но еще сильнее нагревался. Неожиданно, не правда ли? А объясняется это просто: при соединении кислорода воздуха с разными элементами, содержащимися в чугуне, например с кремнием или марганцем, выделяется немалое количество тепла. Д. И. Менделеев назвал *бессемеровские конвертеры* печами без топлива.

Конвертер — стальной, выложенный изнутри огнеупорным кирпичом сосуд, сужающийся кверху. В дне его сделаны отверстия, через которые под большим давлением вдувают воздух. В конвертер заливают расплавленный чугун, а затем продувают его мощным потоком воздуха. Углерод быстро выгорает, и в считанные минуты сплав почти полностью обезуглероживается.

Это был самый быстрый, самый дешевый и самый простой способ получения стали. Но в простоте его крылись и недостатки. Химические реакции в конвертере проходили чересчур быстро, углерод выгорал, но кислород воздуха не затрагивал вредные примеси — серу и фосфор. Они оставались в сплаве и резко ухудшали его свойства. И еще: при продувке металл насыщался азотом воздуха, что также очень вредно для стали.

При бессемеровском способе можно применять не всякий чугун, а только такой, в состав которого входят кремний и марганец, выделяющие во время реакции большое количество тепла. Но и этого тепла не хватает, чтобы расплавлять куски металла. Поэтому в бессемеровском конвертере практически нельзя перерабатывать железный лом, а приходится использовать лишь жидкий чугун. Вот почему бессемеровский способ получения стали из чугуна был почти всюду вытеснен другим способом, открытым в 1864 г. французским металлургом Пьером Мартеном. Этот способ (его назвали *мартеновским*) сложнее, но обеспечивает выплавку стали более высокого качества и, что очень важно, позволяет использовать металлический лом.

Мартеновская печь. Она состоит из двух этажей, которые тесно связаны между собой. На первом готовится топливо, на втором варят сталь.



Мартеновская печь

Мартеновская печь состоит как бы из двух этажей: нижнего и верхнего.

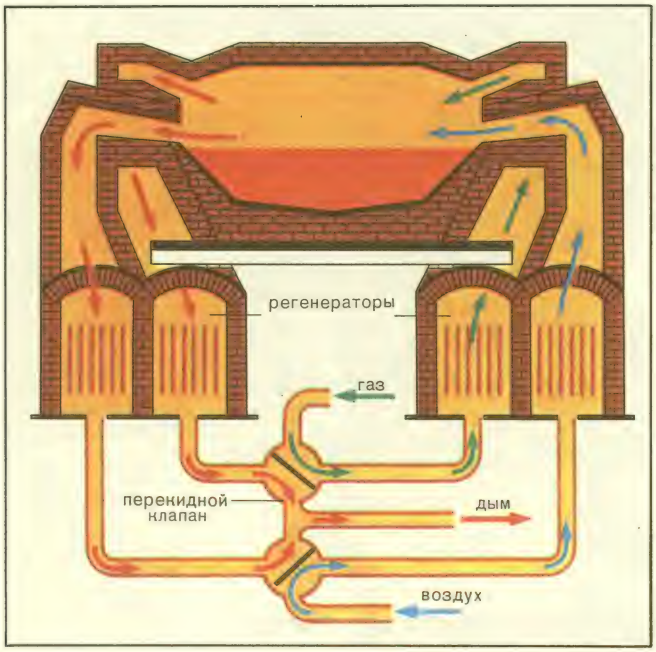
На *нижнем этаже* четыре камеры — *регенераторы*, стены которых выложены огнеупорным кирпичом. Их назначение примерно такое же, как и воздухонагревателей доменных печей. Только в них нагреваются и поступающий в печь воздух, и газ, которым печь отапливается. Ход процесса зависит от теплоты сгорания топлива: чем она выше, тем быстрее варится сталь. Раньше на большинстве мартеновских печей в качестве топлива применяли смесь доменного и коксового газов. В последние годы широко используют природный горючий газ.

Особенно выгодна смесь природного газа и кислорода.

Сами регенераторы нагреваются дымом — раскаленными продуктами горения, поступающими с верхнего этажа. Сначала дым проходит через два правых регенератора и нагревает их. Затем при помощи перекидных клапанов его направляют в левые регенераторы. Пока они греются, в одну из правых камер пускают газообразное топливо, на котором работает печь, а в другую — воздух. Таким образом в печи все время поддерживается необходимая температура.

Верхний этаж печи — это *рабочая камера*. Ее стены также выложены огнеупорным кирпичом. Здесь в специальной ванне ведется плавка. Ванна напоминает удлиненное, постепенно углубляющееся от кра-

Схема мартеновской печи, здесь хорошо видно устройство обоих этажей.



Заливка чугуна в мартеновскую печь.

ев к середине огромное корыто, покрытое, как и стены, слоем огнеупорных материалов.

В передней стене печи имеются *окна* (от 3 до 7), через которые заливают расплавленный чугун и загружают различные материалы — железный лом, руду, флюсы. В противоположной стене — *выпускное отверстие*. Когда идет плавка, оно забито огнеупорной глиняной массой.

По специальным каналам нагретые газ и воздух подводятся в верхнюю часть печи. Там они смешиваются и сгорают. Образуется пламя с температурой до 1800—2000° С. Газ и воздух двигаются быстро, факел растягивается на всю длину камеры, передавая тепло находящимся в печи материалам.

Войдем в один из мартеновских цехов. В ряд выстроились огромные печи (в СССР построены самые большие в мире мартены; емкость некоторых из них достигает 900 т). Вот печь, из которой только что выпустили металл. Сталевары уже готовятся к новой плавке. С помощью специальной машины они заделывают обнаруженные после выпуска предыдущей плавки изъяны в кладке печи. Эта первая операция называется *заправкой печи*.

Потом начинается *завалка* (загрузка). Сначала в печь идут холодные материалы — железный лом, известняк. Для загрузки применяют *завалочные машины*. Длинными штангами — *хоботами* — они захватывают металлические ящики — *мульды* — с железным ломом, известью и рудой, заносят их в печь, легко и быстро переворачивают и снова ставят на тележку. Как только завалка заканчивается, опускают все заслонки над окнами и в печь вводится максимум тепла, чтобы лом и другие материалы возможно быстрее прогрелись. После этого электровоз подвозит ковши с чугуном. Его доставляют из *миксера* — своеобразного гигантского термоса, где хранятся сотни тонн жидкого горячего металла. Кран снимает ковши с лафетов, наклоняет их, и по желобам, вставленным в окна, чугун льется в печь.

Теперь надо добиться, чтобы жидкая масса в ванне хорошо перемешалась, «закипела». Наконец на поверхности ванны появляются пузыри: через металл и шлак прорывается окись углерода, образующаяся в результате реакций между углеродом чугуна и кислородом печных газов и руды. Этот период называют *кипением ванны*. Чтобы ускорить процесс выгорания углерода, на многих заводах в расплавленный металл вдувают кислород. Это позволяет намного сократить длительность плавок.

Время от времени сталевар берет из печи пробу металла. В цеховой лаборатории очень быстро (их поэтому называют *экспресс-лабораториями*) делают анализ пробы и сообщают сталевару, сколько в металле углерода, серы, фосфора, марганца и других элементов.

На последнем этапе плавки происходит *раскисление* металла — из него удаляют кислород, вредно влияющий на качество стали. Для этого в печь до-

бавляют так называемые раскислители (ферросилиций, ферромарганец, алюминий).

Обычно плавка длится несколько часов. Но вот сталь готова. Под выпускным отверстием стоит ковш, в него льется струя металла. О том, что с ней происходит дальше, вы узнаете в следующих главах. А пока рассмотрим другие, более прогрессивные способы выплавки стали.

Кислородные конвертеры

Бессемеровские конвертеры, как уже говорилось, были вытеснены мартеновскими печами. Однако в 50-е годы нашего века конвертеры вновь выдвинулись на первый план.

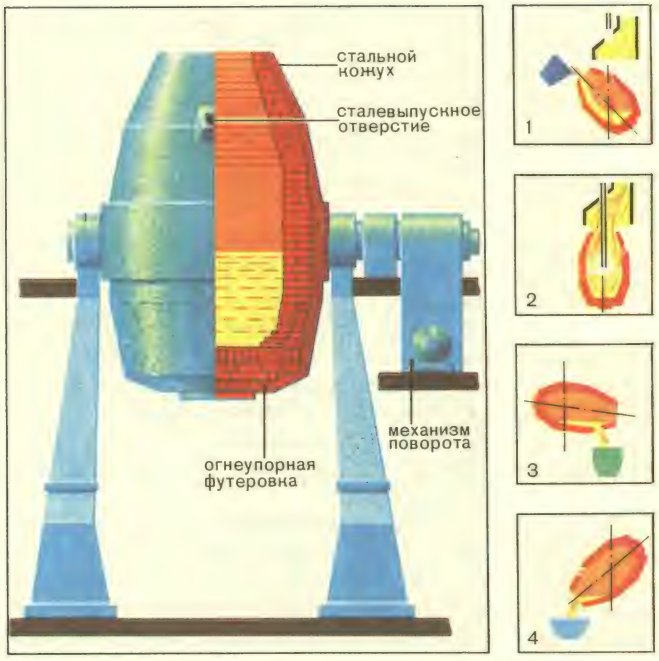
Попробовали вдувать в конвертер не атмосферный воздух, а кислород, притом подавать его не снизу, как это делали раньше, а сверху. Оказалось, что таким способом в конвертерах можно перерабатывать любой чугун — и жидкий и твердый, а также и железный лом. Вот почему выплавка стали в кислородных конвертерах в последнее время получает все более широкое распространение.

Кислородный конвертер устроен так же, как бессемеровский. Отличие только в днище, которое делается глухим, цельносварным. Корпус и днище *футеруют* (облицовывают) огнеупорными материалами. Кислород подают через специальную фурму в горловине конвертера под очень высоким давлением — свыше 1 МПа (10 кгс/см^2). Струя кислорода энергично внедряется в жидкий металл и моментально вступает в контакт с различными примесями чугуна. За первые 5—10 минут окисляются кремний (в чугуне его 0,7—0,9%) и марганец (0,4—2%). В результате этих реакций температура металла в конвертере поднимается с 1200—1250 до 1400—1450° С. После этого происходит быстрое и интенсивное выгорание углерода.

Кислород продолжают вдувать в конвертер до тех пор, пока содержание углерода в чугуне не снизится до заданного предела. При этом температура металла достигает уже 1600° С. Реакции, развивающиеся в конвертере, дают столько тепла, что его хватает не только для нагрева чугуна, но еще и для того, чтобы расплавить железный лом.

О ходе продувки судят по цвету пламени и многим другим внешним признакам. Сталевар (его называют еще и оператором) управляет процессом со специального пульта.

Кислородный конвертер в разрезе и схема производства стали в нем: *1* — заливка чугуна; *2* — продувка; *3* — выпуск стали; *4* — слив шлака.



Но вот продувка закончена. Конвертер наклоняют (см. схему получения стали в кислородном конвертере), берут пробы металла и шлака и отправляют их в экспресс-лабораторию. Сталь готова! Вся плавка заняла примерно полчаса, т. е. во много раз меньше, чем мартеновская. Поэтому производительность конвертера значительно выше, чем мартеновской печи той же емкости. Цех с 4 кислородными конвертерами, емкостью до 300 т каждый (такие уже построены), обеспечивает выплавку в 10 млн. т в год.

Однако и мартеновские печи еще долго будут служить. Ими, так же как и кислородными конвертерами, сейчас управляют ЭВМ.

Одним словом, для каждого рода стали и состава шихты следует выбрать наиболее подходящий метод выплавки.

Легированная сталь

Применяемая в современной технике сталь должна многое «уметь»: сопротивляться колоссальным давлениям, противостоять кислотам, щелочам и другим химическим «агрессорам», выдерживать, не зная усталости, длительные перегрузки, не бояться ни жары и ни холода.

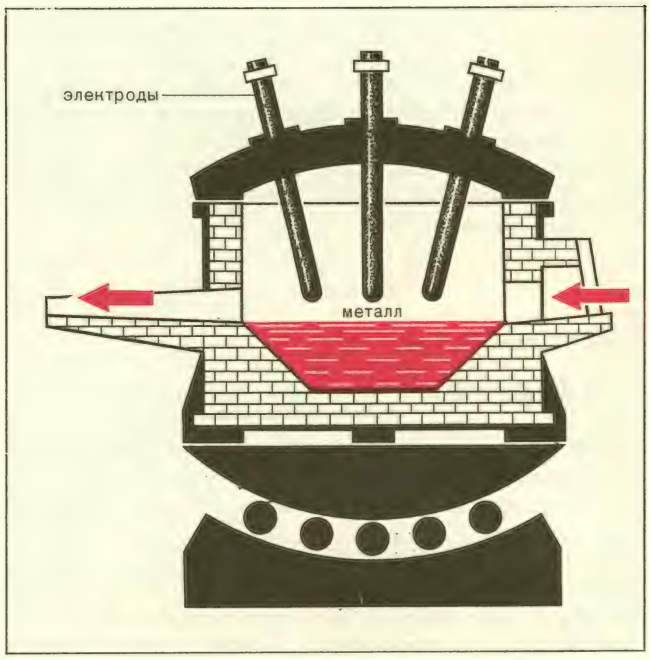
Подобно тому как кулинар, чтобы приготовить вкусное блюдо, добавляет в него различные специи, сталевар, чтобы выплавить сталь, обладающую ценными свойствами, должен ввести в нее специальные добавки — хром, марганец, никель, титан, вольфрам, ванадий, кремний и др. У каждого *легирующего элемента* (так называют эти добавки) свое назначение.

Марганец, например, придает стали высокую твердость; хром, особенно в сочетании с никелем, делает ее нержавеющей; кремний — упругой; вольфрам применяют для получения быстрорежущей инструментальной стали и т. д. Часто в сталь вводят несколько различных добавок сразу. Обычно эти добавки вводят в металл не в чистом виде, а в виде сплавов с железом — *ферросплавов*. Сталь, в которую входят добавки, придающие ей особые свойства, называется *легированной*.

Легированную сталь выплавляют главным образом в *дуговых электрических печах*. Эти печи имеют цилиндрическую форму и выложены изнутри огнеупорным кирпичом. Над плавильным пространством возвышается куполообразный свод. Перед началом плавки свод поднимают, отводят в сторону и загружают сверху в печь шихтовые материалы. Затем печь снова закрывают сводом, в нее опускают угольные электроды, включают ток. Между электродами и металлом возникает электрическая дуга. Находящиеся вблизи электродов железный лом и другие материалы начинают быстро плавиться, и через короткое время вокруг электродов появляются «лужи» расплавленного металла. Дальше процесс ведется так же, как в мартеновских печах, с той разницей, что в электропечах нет опасности загрязнения стали продуктами горения. Крупные современные печи имеют специальные устройства, чтобы перемешивать жидкую сталь в ванне. Это ускоряет плавку и обеспечивает получение металла точного и, главное, равномерного состава. Емкость электропечей достигает 200 т.

Для современных машин нередко требуется сталь, в которой содержание углерода не превышало бы сотых, а то и тысячных долей процента. Дуговые печи не в состоянии обеспечить такую чистоту стали: ведь в этих печах жидкий металл соприкасается с угольными электродами и часть углерода может быть занесена в металл. Наиболее чистые безуглеродные сплавы получают в *индукционных печах*. Это огнеупорный тигель цилиндрической формы охваченный индукционной катушкой (соленоидом). Важное преимущество индукционных печей перед дуговыми состоит в том, что под действием образуемого соленоидом электромагнитного поля металл в тигле

Разрез дуговой электросталеплавильной печи. Источником тепла в ней служит электрическая дуга, возникающая между электродами и металлом.



энергично перемешивается и химические реакции ускоряются. Сталь, выплавленная в таких печах, однороднее, чем получаемая в мартеновских и дуговых печах. Однако этим не исчерпывается борьба за получение стали высокой чистоты.

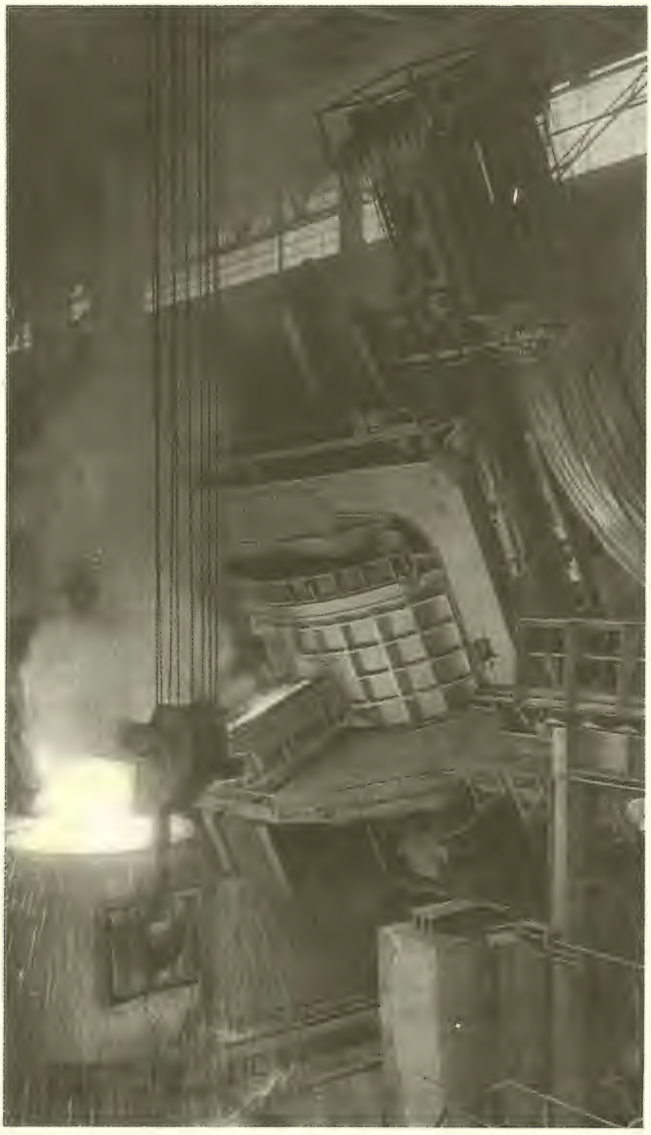
Сталь высокой чистоты

Середина нашего века ознаменована небывалым взлетом технической мысли. Появились ядерные реакторы, мощные реактивные двигатели, резко повысились скорости, мощности, давления, температуры. Соответственно этому повысились требования к материалам. Главное из этих требований — высокая чистота металла, минимальная насыщенность газами — кислородом, азотом, водородом.

Ответом на эти требования было развитие так называемой *вакуумной металлургии*, которая с каждым годом завоевывает все более прочные позиции. «Вакуум» в переводе с латинского значит «пустота». Как известно, это — пространство, из которого до определенных пределов выкачали воздух.

Прежде всего расскажем, как производят разливку стали в вакууме. Сталеразливочный ковш с жидкой сталью помещают в камеру, где создана разре-

Дуговая электросталеплавильная печь. Металл в ней не соприкасается с газами, и получается более чистым, чем, например, в мартеновской печи. Многие легированные стали выплавляются только в электрических печах.



женная атмосфера, и выдерживают его определенное время. Содержащийся в жидкой стали углерод начинает взаимодействовать с кислородом закиси железа и неметаллических включений, восстанавливает железо и другие элементы. Образующаяся при этом газообразная окись углерода бурно выделяется из металла в атмосферу камеры, откуда она непрерывно отсасывается вакуумными насосами. Реакции эти протекают энергично, и содержание кислорода в жидкой стали быстро понижается. Одновременно уменьшается содержание в стали азота и водорода, так как пузырьки окиси углерода увлекают с собой в атмосферу камеры азот и водород. Все это приводит к тому, что насыщенность стали газом резко понижается и содержание неметаллических включений уменьшается, а качество стали становится значительно лучше.

Чтобы получить сталь особо высокого качества, ее не только разливают, но и выплавляют в вакууме. Для этой цели применяются специальные *вакуумные дуговые* и *индукционные электропечи*.

Однако вакуумирование — довольно сложный процесс, он требует дорогого оборудования, поэтому творческая мысль искателей уже много лет занята поисками более простых путей получения металла высокой чистоты.

В Институте электросварки имени Е. О. Патона сконструирована специальная установка для *электрошлакового переплава*. Сущность процесса состоит в том, что конец металлического стержня, изготовленного из обычной электростали и выполняющего роль электрода, расплавляется в слое жидкого шлака специального состава, нагретого до высокой температуры электрическим током. Капли расплавленной стали проникают через слой шлака, дегазируются и очищаются от неметаллических включений, а затем скапливаются в медной водоохлаждаемой форме, остывают и затвердевают.

Полученная таким образом сталь однородна по химическому составу, слитки ее отличаются плотной структурой.

Другой метод обработки жидкой стали — так называемыми *синтетическими шлаками* — имеет давнюю историю. Еще в 1925 г. видный советский металлург А. С. Точинский предложил сливать расплавленную сталь в сталеразливочный ковш, в который заранее налито определенное количество жидкого синтетического шлака. Такой же способ обработки жидкого металла с помощью синтетических шлаков был позднее предложен во Франции Р. Перреном. Этот способ назван *способом Точинского — Перрена*. Практика показала, что обработка в ковше жидкой стали синтетическими шлаками приводит к укрупнению частиц неметаллических включений и поэтому они легче всплывают.

В этом и суть процесса. Он прост, но исключительно эффективен. Качество стали при этом заметно улучшается.

В последние годы у металлургов появились такие современные помощники, как электронный луч и плазма. Они могут творить с металлом то, что не под силу старому труженику металлургии — огню. В *электроннолучевых* и *плазменных* установках, которые уже работают на некоторых заводах, рождаются сверхчистая сталь, металлы и сплавы. В струе

плазмы можно быстро получить температуру более 10 000° С. При обычных, давно известных нам металлургических процессах достичь такой высокой температуры невозможно.

Теперь, после того как мы познакомились с различными способами производства стали, продолжим наше путешествие по металлургическому заводу и проследим дальнейший путь металла и его превращения.

Рождение стального слитка

Основными сталеплавильными агрегатами в наши дни продолжают оставаться мартеновская печь, конвертер и дуговая электропечь. Когда плавка в них заканчивается, сталь выпускают в специально подготовленный ковш. Из очень больших мартеновских печей сталь выпускают сразу в 2 и даже 3 ковша. Затем могучие «руки» крана поднимают ковш и несут на разливку.

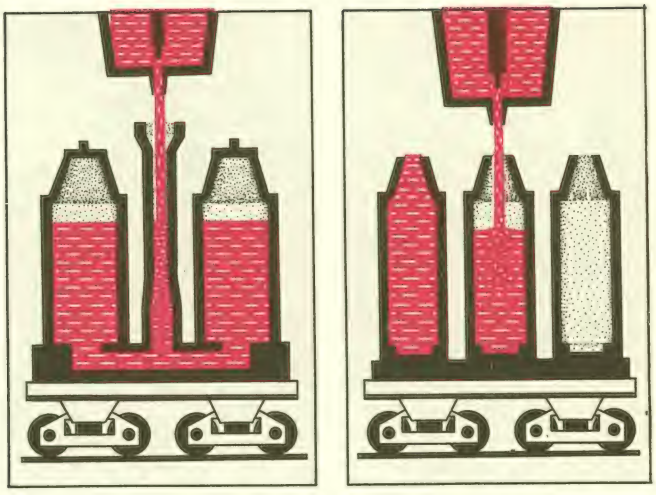
На большинстве заводов сталь разливают в *изложницы* — высокие чугунные формы. После того как металл застывает, слитки «раздевают», т. е. с них снимают изложницы. Масса слитков может быть различной — от нескольких килограммов до десятков тонн.

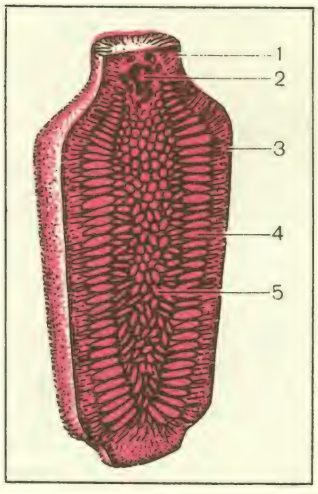
Ход затвердевания расплавленной стали и процесс образования кристаллов впервые исследовал и подробно описал в 1878 г. один из творцов науки о металлах — знаменитый русский ученый Д. К. Чернов. Это имело огромное значение для развития мировой металлургии.

Остывая, металл кристаллизуется, но процесс кристаллизации протекает неравномерно. Поэтому и кристаллы получаются разные: у самой стенки изложницы кристаллы небольшие, в глубине — крупные. Поскольку объем металла при затвердевании уменьшается, в верхней части слитка возникают пустоты — *усадочные раковины*, которые перед последующей обработкой слитка — *обжимом* (о том, как это делается, вы прочтете в ст. «Прокатка стали») — необходимо отрезать. При этом получаются очень большие отходы *(обрезь)*, достигающие 8—15% от массы слитка.

Все эти недостатки заставили металлургов искать лучший способ разливки металла. В 50-х годах в нашей стране была пущена первая в мире промышленная *установка для непрерывной разливки стали*. Много лет затратили советские ученые, прежде чем разработали новый способ разливки, который позволяет регулировать ход кристаллизации и избавляет слитки стали от присущих им пороков. Непрерывная разливка стали широко применяется во многих странах.

Способы разливки стали: *слева* — наполнение изложницы снизу (сифоном): *справа* — наполнение изложницы сверху.



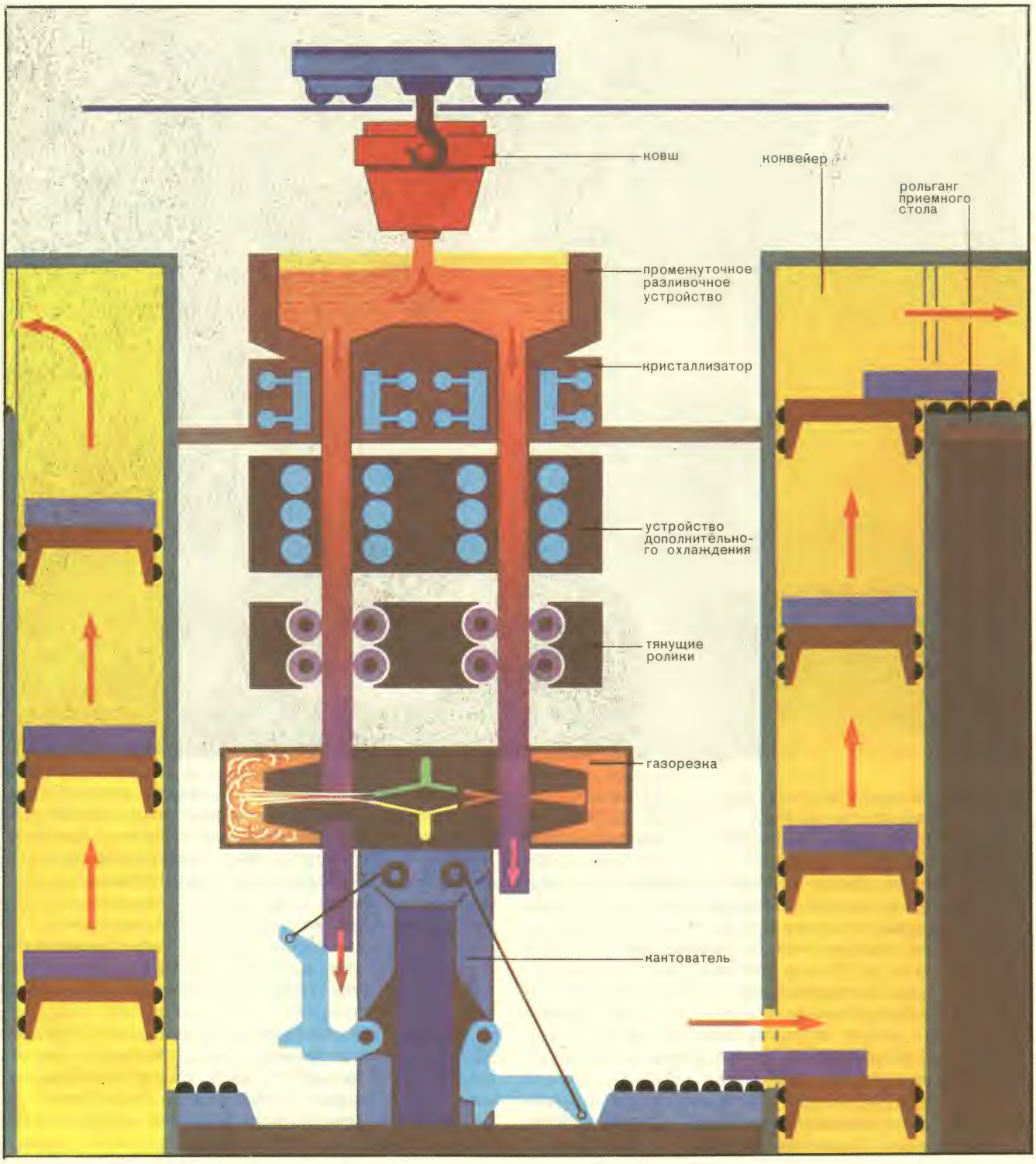


Разрез стального слитка: *1* — прибыльная часть слитка; *2* — усадочная раковина; *3* — мелкие зерна, *4* — вытянутые столбчатые кристаллы; *5* — равноосные кристаллы.

Непрерывная разливка стали

Основная часть установки для непрерывной разливки стали — *кристаллизатор*. Стенки его полые, в них циркулирует вода. Ниже кристаллизатора расположена *секция вторичного охлаждения* — своеобразный «душ», который позволяет регулировать ход

Схема установки непрерывной разливки стали.



Разливка готовой стали из ковша в изложницы.

кристаллизации. Здесь же система роликов, образующая ограждение на пути еще не полностью затвердевших слитков, и устройство, вытягивающее слитки из кристаллизатора.

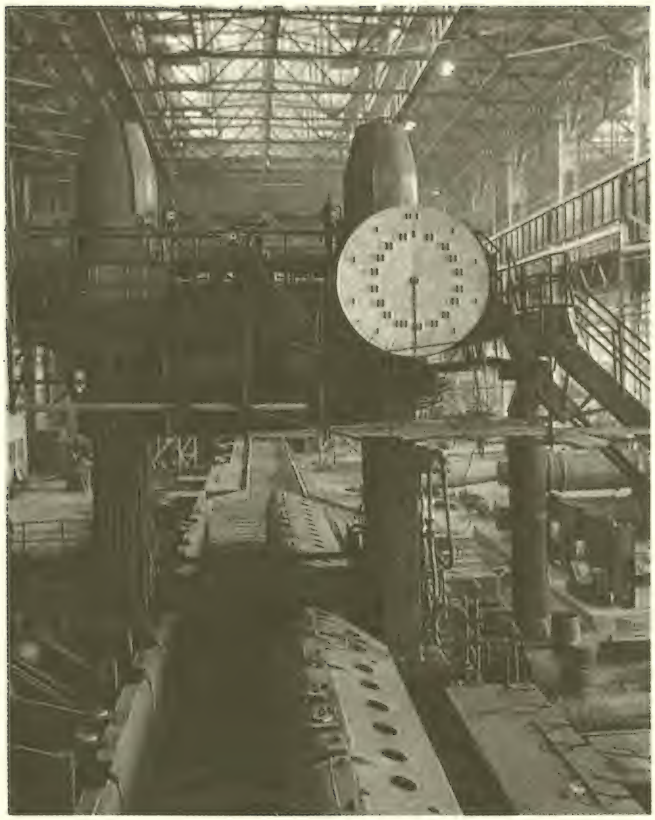
Как же происходит процесс непрерывной разливки? Кран приносит ковш с жидкой сталью. Из него металл заливают в промежуточный ковш, откуда он поступает в кристаллизатор. Чтобы первая порция жидкой стали не прошла насквозь раньше, чем она застынет, дно кристаллизатора заблаговременно закрывают металлическим брусом, или, как говорят металлурги, *вводят затравку*. Один конец бруса «запирает» кристаллизатор, другой зажат в валки *тянущего устройства*.

Когда наружные слои стали затвердеют, в действие вступают тянущие устройства, которые вытягивают из кристаллизаторов затравку и как бы приросшую к ней заготовку. Теперь процесс идет безостановочно. В кристаллизатор непрерывно заливают сталь, из него выходит стальная заготовка. Пройдя через «душ», она затвердевает насквозь, после этого ее разрезают на части нужного размера. Отрезанные куски заготовки с помощью системы рольгангов поступают на приемные стеллажи.

При непрерывной разливке стали, благодаря более быстрому охлаждению и затвердеванию, слитки получаются однороднее, прочнее, отходов почти нет.

Непрерывная разливка намного эффективнее, чем обычная. Однако основную массу стали, которая выплавляется в нашей стране да и в других странах, пока еще разливают в изложницы. Полученный таким путем слиток подвергают затем следующей технологической операции — обжиму.

Блюминг — это высокопроизводительный прокатный стан для обжима крупных стальных слитков. *На снимке:* клеть блюминга «1120».



Прокатка стали

Прокатка стали, или *обжим* стального слитка, совершается на *блюмингах* или *слябингах.* Слиток при этом раскатывается и превращается в длинный брус или пластину, а сам металл становится плотнее, так как при этом устраняются («завариваются») мелкие поры, имевшиеся в слитке. Это становится возможным потому, что нагретая добела сталь сохраняет одно из важнейших свойств железа — способность необратимо изменить свою форму.

Перед обжимом слитки выдерживают 4—6 ч в *нагревательных колодцах* при 1100—1300° С. Затем их кладут на электрическую тележку — *электрокар* и везут к блюмингу.

Блюминг — это высокопроизводительный прокатный стан для обжима в *блюмы* крупных стальных слитков, массой от 1 т до 18 т. Производительность современных крупных блюмингов около 6 млн. т слитков в год. Блюминг в подлинном смысле слова исполинская машина: моторы, обслуживающие его систему, обладают мощностью в десятки тысяч киловатт. Такого количества энергии достаточно, чтобы обеспечить электричеством небольшой город. Масса блюминга — тысячи тонн.

Обжимное устройство блюминга — это *станина,* в которой укреплены 2 больших *валка,* диаметром иногда больше 1 м и длиной до 2,8 м. Валки вращаются навстречу друг другу. Верхний валок блюминга может подниматься и опускаться, уменьшая или увеличивая просвет между собой и нижним валком. На станине блюминга поставлен большой циферблат со стрелкой. Она и показывает размер просвета между валками, который, как правило, должен быть несколько меньше высоты слитка. Управляет блюмингом оператор, при помощи рычагов он приводит в движение механизмы.

Раскаленный слиток направляется в пространство между валками, которые тотчас увлекают его, протаскивая вперед и уменьшая в сечении. Затем валки выпускают слиток, и он стремительно двигается по *рольгангу* — широкой металлической «дороге», выложенной роликами,— вперед и также быстро возвращается назад к валкам. Оператор непрерывно меняет направление вращения валков блюминга и роликов рольганга. Одновременно он опускает верхний валок, уменьшая зазор между валками. Слиток, уже раз побывавший между валками, снова попадает в просвет (зазор) между ними, но уже уменьшенный. Валки сдавливают его вторично, потом снова и снова, и каждый раз все сильнее. В процессе обжима слиток несколько раз переворачивают с помощью специального механизма — *кантователя.* Нажим кнопки — и кантователь пришел в действие, он переворачивает многотонный слиток легко, как спичечную коробку, и снова обжим.

Чтобы превратиться в длинный брус, слиток проходит через валки от 11 до 19 раз. И весь этот процесс длится меньше 1 мин! Такая работа требует не только высокого искусства, но и очень большого напряжения: ведь оператор в течение минуты совершает более 100 движений. Чтобы облегчить этот труд, советские ученые и конструкторы создали полностью автоматизированный блюминг, управляемый ЭВМ.

Полученный брус по рольгангу направляется к ножницам. Здесь обрезают негодные части и делят брус на куски — блюмы.

Слитки обжимают и на *слябингах.* Это такие же могучие машины, как и блюминги, но на них установлена двойная система валков: одни — горизонтальные, другие, несколько меньшего диаметра,— вертикальные. На слябингах слиток превращается в

Системы валков в блюминге. Слиток металла проходит через системы валков от 11 до 19 раз.

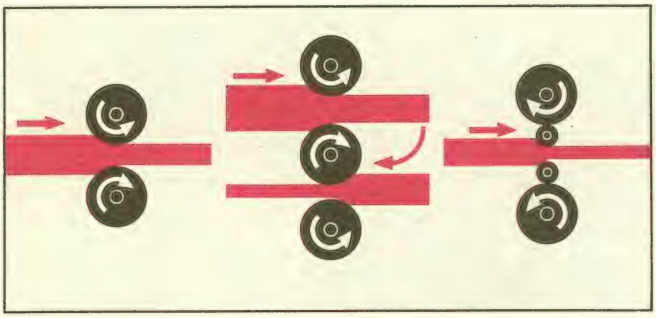
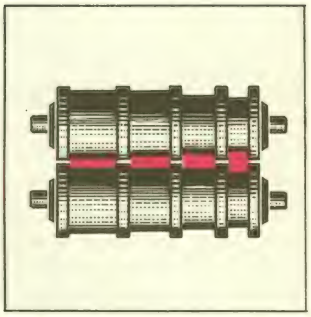


Схема работы валков. Валки вращаются навстречу друг другу, раскатывая слиток металла в брус или пластину.

Калибры. Чтобы получить разные формы металла, в верхнем и нижнем валках делают вырезы нужной формы и получают ручей, или калибр.



длинную пластину, которая режется на плоские заготовки — *слябы*.

Теперь должно быть ясно, насколько проще получать такие же заготовки на установках непрерывной разливки. Со временем блюминги и слябинги, на которых сейчас осуществляют прокатку стали, станут техническим анахронизмом.

Далее из блюмов и слябов делают металл необходимой формы, или, как говорят металлурги, разных *профилей*.

Металл приобретает форму

Мы на последнем этапе путешествия по металлургическому циклу. Дальнейший путь блюмов и слябов зависит от назначения стали.

На одних заводах прокатные станы производят стальные листы для кузовов автомобилей, на других — трубы для газопроводов, на третьих — рельсы, на четвертых — сортовой прокат, т. е. изделия относительно простых геометрических форм: квадрат, круг, полоса, угол.

Чтобы превратить заготовку (блюм или сляб) в полосу или лист, ее пропускают между гладкими валками. А чтобы изготовить более сложные профили, в нижнем и верхнем валках делают вырезы необходимой формы. Сблизив валки так, чтобы вырез одного точно пришелся над вырезом другого, получают *ручей*, или, как его называют металлурги, *калибр*. Если бы сталь была такой же пластичной, как, скажем, воск или глина, все было бы просто. Достаточно было бы пропустить металл через соответствующий калибр — и задача решена. Но сталь не так податлива. Поэтому металл нужной формы получают постепенно, пропуская его через ряд все более и более приближающихся к окончательной форме калибров (иногда их число достигает 20). Затем готовый прокат поступает на пилы или ножницы, где его разрезают на куски нужной длины.

Очень мощные и высокопроизводительные станы применяются для прокатки балок и рельсов. На Уралмашзаводе в Свердловске построен рельсобалочный стан с автоматической поточной линией для отделки рельсов. Весь процесс протекает без применения тяжелого физического труда. Стан этот состоит из 240 отдельных машин общей массой свыше 15 тыс. т.

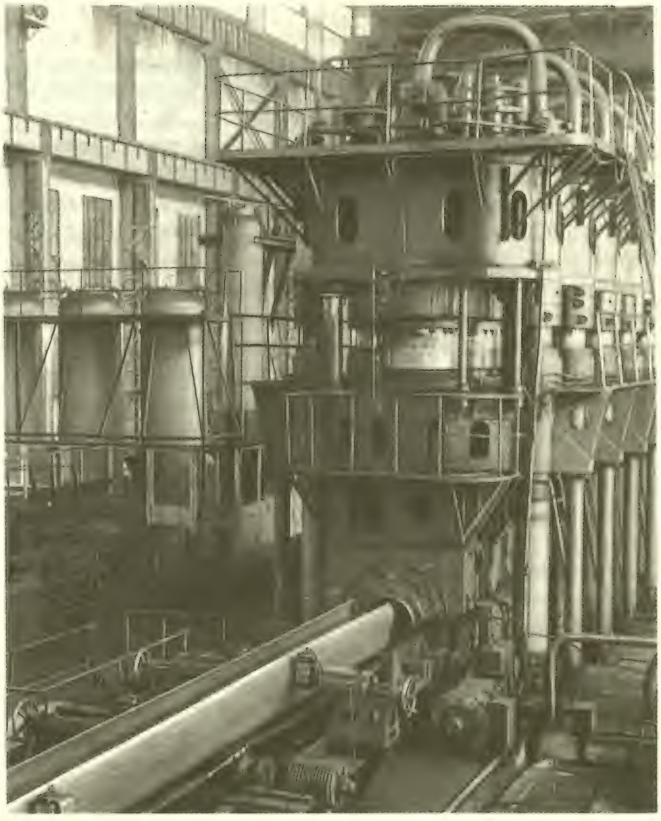
Удобны и высокопроизводительны *станы непрерывного действия*. На станах, с которыми мы познакомились раньше, заготовка движется то вперед, то назад. Ее «путешествие» отнимает больше времени, чем само обжатие. В непрерывном стане, где осуществляется обжатие, клети устанавливаются последовательно одна за другой. Выйдя из одной клети, полоса автоматически попадает в другую, затем в третью, причем все клети работают с совершенно одинаковой скоростью. Некоторые станы такого типа способны выпускать более 2 млн. т листов в год. Толщина прокатного листа контролируется автоматически на ходу.

Все большую роль в народном хозяйстве играют *трубные станы*, особенно в связи с развитием трубопроводов для транспортировки на дальние расстояния нефти, природного газа и других продуктов. Сеть трубопроводов, пересекающих нашу страну в разных направлениях, достигает многих десятков тысяч километров. При этом диаметр труб, по которым течет газ, все время увеличивается. Первые трубопроводы были диаметром 0,8 м, следующие — 1,02 м, затем 1,2 и 1,4 м. На очереди прокладка трубопроводов диаметром более 2 м. Экономисты подсчитали, что увеличение диаметра труб очень выгодно.

В связи с этим возникла необходимость в коренном пересмотре технологии производства. Применяются два принципиально различных способа производства труб. При первом в нагретой добела (температура 1200—1300° С) заготовке на специальном

Профилировочный стан. Здесь из блюмов и слябов делают металл необходимой формы.

Пресс для формовки труб Челябинского трубопрокатного завода. Трубы изготовляют из стальных листов — их сворачивают и сваривают.



стане делают отверстие (ее прошивают) — получается короткая гильза, которую потом раскатывают в длинную трубу. Так получают *бесшовные* трубы.

При втором способе стальной лист большого диаметра сворачивают и сваривают по прямой линии или по спирали. Очень эффективны и экономичны *станы спиральной сварки труб* из стальной ленты. Такие станы сконструированы работниками Всесоюзного научно-исследовательского института металлургического машиностроения (ВНИИМЕТМАШ),

«Прабабушка» Норильского комбината

За Полярным кругом, в зоне вечной мерзлоты, днем и ночью горят зажженные советскими людьми огни Норильского горно-металлургического комбината имени А. П. Завенягина.

До революции здесь, на месте нынешнего индустриального гиганта, находились лишь остатки одной-единственной медеплавильной печи, которая была сооружена в 1872 г., причем... нелегальным путем.

О том, что на Таймыре есть медные руды, было известно давно, но медеплавильная промышленность не могла здесь развиваться из-за дороговизны строительных материалов, особенно кирпича. В 1863 г. купец Киприян Сотников решился на остроумный «ход конем». Он попросил у губернатора разрешение построить в селе Дудинка на собственные средства деревянную церковь. Разумеется, губернатор не мог отказать «рабу божьему».

Фокус же заключался в следующем. Губернской канцелярии не было известно, что в Дудинке уже существует церковь, притом каменная. Поэтому, быстро построив деревянную церковь, находчивый купец разобрал каменную и из «святых» кирпичей соорудил шахтную печь для выплавки меди — «прабабушку» Норильского комбината.

который возглавляет известный советский ученый, автор многих работ по прокату металлов Герой Социалистического Труда академик А. И. Целиков.

Ученые и инженеры разных стран уже много лет ищут пути ускорения процессов формообразования металлов. Так, станы, прокатывающие стальные ленты, пропускают через свои валки металл со скоростью курьерского поезда — 125 км/ч.

Большой производительностью обладают *непрерывные агрегаты печной сварки труб*. Каждый такой агрегат — это цех-великан, внутри которого в одной технологической линии работают десятки взаимодействующих машин. Управляет сложным процессом один оператор. На всем пути изделия к нему не прикасается рука человека — все операции механизированы и автоматизированы. Бесконечно плывет стальная лента. По мере движения ленты машины нагревают ее, формуют, сваривают в трубу, вытягивают в длину, уменьшают в диаметре, калибруют, разрезают на одинаковые части, нарезают резьбу. Ежеминутно стан выдает 500 м труб.

На Магнитогорском металлургическом комбинате имени В. И. Ленина в 1969 г. вступил в действие скоростной *широкополосный стан* «2500». Из широкой стальной ленты, которую прокатывает этот стан, можно штамповать целиком кузовы легковых автомобилей.

До сих пор говорилось о том, как сталь приобретает относительно простые геометрические формы: бруса, полосы, рельса, балки. Ученые поставили перед собой задачу — способом проката получать изделия более сложных форм, чтобы из прокатных станов выходили готовые детали машин. Эта интересная задача решается в том же институте металлургического машиностроения.

Впервые в мире советские ученые разработали оригинальную технологию изготовления изделий для машиностроительной промышленности круглой и конусной формы на прокатных станах. Один из таких станов работает на Московском автомобильном заводе имени Ленинского комсомола. Приводные валки, стремительно вращаясь, обжимают раскаленное тело заготовки, придавая ему форму и размеры будущего изделия — автомобильной полуоси. Прокатка вытеснила трудоемкие операции: ковку на специальных прессах и механическую обработку на токарных станках.

Московский автомобильный завод не исключение. На таких же станах в Коломне получают шпиндели текстильных веретен, в Минске — тракторные полуоси, в Днепродзержинске — разные изделия для тракторов, электродвигателей, буровых машин. В том же ВНИИМЕТМАШе сконструирован стан для прокатки шестерен разного размера и назначения. Внедрение нового прогрессивного метода производства шестерен даст народному хозяйству огромную экономию средств и металла.

Но это только начало большой работы, которая будет развиваться и дальше.

А перспектива? Она определена Программой партии, предусматривающей значительный рост производства стали и проката. Внедрение непрерывных процессов в металлургию и машиностроение имеет огромное значение для все более широкой механизации и автоматизации всех видов производства.

В решениях XXIV съезда КПСС говорится, что основной задачей черной металлургии в девятой пятилетке следует считать «коренное улучшение качества металлопродукции за счет внедрения прогрессивных способов производства металла...».

Любитель «поковыряться»

К концу гражданской войны металлургия молодой Советской республики находилась в очень тяжелом положении. Заводы стояли, рудники были затоплены, железные дороги разбиты.

В эти трудные годы напомнил о себе крупный английский промышленник Лесли Уркварт, до революции владевший в России многими заводами и рудниками. Зная, как богаты недра нашей земли, он обратился к Советскому правительству с «деловым» предложением: «Не дадите ли вы мне... возможность поковыряться в киргизской степи, около Балхаша и дальше? — писал он.— Раньше чем через 50, а может быть и 100, лет вы этими местами все равно не займетесь».

Конечно, Уркварту дали поворот от ворот. А уже осенью 1928 г. в район Балхаша был направлен поисковый отряд. И вот у подножия горы Бентау-Ата, именно там, где так хотел «поковыряться» предприимчивый англичанин, геологам удалось найти медь. В 1932 г. здесь было начато строительство Балхашского комбината, а в 1938 г. «медная Магнитка» дала стране свой первый металл.

Сегодня Балхашский горно-металлургический комбинат имени В. И. Ленина — одно из самых передовых в стране предприятий. Сверхчистая балхашская медь пользуется заслуженной славой во всем мире.

Сегодня и завтра черной металлургии

Один из таких прогрессивных способов получения металла — *применение кислорода вместо воздуха в доменном процессе.*

В домну вдувают нагретый воздух. Вместе с каждой молекулой кислорода поступает около 4 молекул азота, который ни в каких химических реакциях не участвует. А между тем на его нагрев тратится тепло. Применение кислорода вместо воздуха упрощает весь доменный процесс. Открывается возможность уменьшить размеры и мощность оборудования для подачи дутья, транспортирования и очистки газов. Громоздкие воздухонагреватели можно будет заменить более простыми. При достаточной концентрации кислорода в дутье можно будет уменьшить высоту печей, а это позволит снизить жесткие требования к механической прочности кокса.

Не меньшее значение имеет *использование кислорода при выплавке стали.* Даже небольшое обогащение кислородом поступающего в мартеновскую печь воздуха сокращает длительность плавок примерно на 25%. Кислород, как мы убедились, возродил на новой основе конвертерный способ производства стали.

И все же применение кислорода — только поправка (правда, очень существенная) к известной нам *двухступенчатой* технологической схеме, по которой сначала в доменной печи из руды получают чугун, а затем в специальных агрегатах его переделывают в сталь. Ученые-металлурги давно уже пытаются найти экономически выгодные способы получения стали более коротким, *непрерывным* путем.

Один из последних вариантов этой идеи выглядит так: домна, работающая на кислородном дутье, выпускает чугун; по пути своего следования поток чугуна обрабатывается кислородом, насыщается необходимыми добавками и, превращаясь в сталь, разливается на машине непрерывной разливки.

Успехи автоматики позволили создать проект металлургического завода непрерывного действия, где разрозненные процессы будут соединены в единую поточную систему.

Выходит, что центральное место во всем процессе все же занимает доменная печь. А нельзя ли обойтись без домен?

Задача бездоменного производства, или, как его называют, *прямого получения железа,* решается уже много десятков лет. В этом направлении достигнуты значительные успехи. Есть основания полагать, что в 70-х годах войдут в действие достаточно крупные установки прямого восстановления железа с суточной производительностью 500 т. Но и при этом доменное производство еще не одно десятилетие сохранит свои позиции.

Бездоменный процесс можно представить себе, например, так. Во вращающихся трубчатых печах железная руда превращается в железо. При помощи магнитов крупинки железа отделяются от остальной массы — и чистый продукт готов для дальнейшей обработки. Из железного порошка можно штамповать готовые изделия. Из него можно варить сталь различных сортов, прибавляя необходимые добавки (легирующие элементы).

С вводом в эксплуатацию гигантских электростанций советская металлургия получит много дешевой электроэнергии. Это создаст благоприятные условия для развития *электрометаллургического* производства и для еще более широкого применения электричества на всех последующих стадиях обработки железных сплавов.

Успехи атомной физики натолкнули на идею так называемой *радиационной металлургии.*

Академик И. П. Бардин (1883—1960) высказал смелую, почти фантастическую идею будущего развития металлургии. «Я думаю,— говорил он,— что на первых порах человек станет «конструировать» с помощью радиоактивного воздействия легированные стали требуемого состава, не вводя в них редких и дорогих легирующих добавок, а создавая их прямо в ковше расплавленной стали. Из атомов железа, может быть, серы, фосфора... под влиянием потока лучей в расплавленном металле произойдут целенаправленные ядерные превращения».

Над решением этой и других увлекательных проблем предстоит поработать будущим поколениям исследователей. Черная металлургия ждет новых открывателей.

Получение и применение цветных металлов и сплавов

Цветные металлы

Руду цветного металла добыли из земли и очистили от большей части пустой породы (см. ст. «Добыча угля и руды»). Но даже самый лучший *рудный концентрат* только сырье. Из него еще нужно извлечь металл.

При обогащении руды разрушались сравнительно слабые связи между различными минералами. Теперь же нужно вторгнуться внутрь минерала, внутрь соединения, порвать крепчайшие химические связи между элементами. Тут не обойдешься действием центробежной силы, силы тяжести или пузырьков пены. Пришла пора более мощных средств, и прежде всего высоких температур. Та отрасль металлургии, которая их использует, носит название *пирометаллургии* (от греческого слова «пир» — огонь).

Главные спутники цветных металлов в рудах — сера, железо и кислород. Их-то и нужно удалить. Сначала попытаемся «расправиться» с серой. Металлы связаны с ней так, что «соглашаются» только на обмен — место серы должен временно занять другой элемент. Обычно им оказывается кислород. А проходит эта обменная операция при обжиге руд: сера выгорает, и на ее место «вторгается» кислород. В конечном счете перед металлургом опять соединение — только на этот раз окисел. Иногда ту же роль, что и кислород, играет хлор. В этом случае концентрат не обжигают, а хлорируют.

Наступает ответственный момент — «прощание» с кислородом или хлором. Принцип очень прост: кислороду «предлагают» какой-нибудь «лакомый» для него элемент — углерод, водород, кремний. А титан или цирконий, например, можно освободить от хлора с помощью магния.

Называется этот процесс *восстановлением металлов*. Чтобы он мог протекать, призывают на помощь высокие температуры, расплавляя получаемые металлы, их соединения и металлы-восстановители. А хлориды металлов при таких температурах даже кипят и испаряются. Некоторые металлы получают в твердом виде. Тогда они имеют много пор, пленок, игл и похожи на губку (например, титановая губка).

Посмотрим, как получают медь на современных заводах.

Попробуйте смешать в бутылке воду и растительное масло и дайте смеси постоять. Как ни перемешивай, обычно масло в конце концов всплывает. Вот так же не могут смешаться с металлом и обязательно всплывают более легкие, чем металл, жидкие шлаки. Внизу, под слоем шлаков,— расплавленный металл или богатый им сплав. Все это происходит в огромной печи, внутрь которой грузится концентрат и флюсы. Вдуваются топливо и воздух. На поду такой печи и у ее стен плавится под действием пламени концентрат. Эта печь напоминает мартен (см. ст. «Мартеновская печь»). Выходят из печи отдельно жидкие шлаки и жидкий *штейн* — так называют сплав меди с железом, серой, серебром, золотом, цинком и другими элементами.

Штейн затем заливают в конвертеры. В них, как и при переработке чугуна, через штейн продувается воздух. Так выжигается сера, удаляется железо. Но уходят на это не минуты, как в сталеплавильных конвертерах, а часы. Зато теперь вместо штейна получается черновая медь. Примесей в ней только 1—2%, а не 70—80%, как было в штейне. Но и их нельзя оставлять.

Снова вступает в дело огонь. Следующая стадия очистки меди так и называется — *огневое рафинирование*. Здесь выжигаются остатки серы и некоторых других элементов. И опять при этом часть меди окисляется. Чтобы вновь освободить медь от кислорода, в ванну с расплавом погружают деревянные жерди и словно дразнят ими медь. Расплав при этом бурлит, фыркает, как разъяренный зверь. Про эту операцию так и говорят — идет *дразнение*. Потом в печь забрасывают древесный уголь. Дерево и древесный уголь отбирают у меди кислород. Теперь примесей уже только десятые доли процента, и среди них золото и серебро.

Когда-то с этим приходилось мириться. Теперь можно идти дальше. Медь отправляется на электролиз. Пластина очищаемой меди в качестве анода помещается в электролитическую ванну с раствором серной кислоты и медного купороса. В ванну опускают еще тонкий лист чистой меди — катод — и включают ток. Электрический ток переносит на катод только медь. Золото, платина, серебро опускаются на дно ванны. Другие примеси остаются в растворе.

Электролиз помогает металлургам и в получении алюминия из расплавленного соединения этого металла с кислородом.

Очень сложную задачу поставил в свое время перед металлургами этот важнейший из цветных металлов. Его концентрат — глинозем (окись алюминия) плавится при очень высокой температуре, 2000° С и выше (почти на 1000° С выше точки плавления меди), и не отдает кислород углероду. Чтобы понизить температуру плавки, пришлось искусственно снижать концентрацию алюминия в электролитической ванне — растворять глинозем в расплав-

ленном криолите. Точка плавления такого раствора уже ниже 1000° С. А это устраивает металлургов.

В расплаве-растворе молекулы глинозема распадаются на составные части — ионы алюминия и ионы кислорода. Электрический ток захватывает алюминий и «укладывает» его на катод. В данном случае катодом служит угольное дно самой ванны, на котором скапливается жидкий расплавленный алюминий.

Титан и магний, кальций и бериллий и многие другие металлы тоже получают с помощью электролиза, разлагая их соединения с хлором. Но чтобы сделать эти соли жидкими, требуется нагревать их до 500—700° С, правильно подобрав состав электролита.

Однако металлурги в ряде случаев умеют обходиться без такого нагрева. Кроме пирометаллургии существует *гидрометаллургия* (от греческого слова «гидро» — вода). Тут металл переводится в раствор с помощью химического растворителя. Им может оказаться и просто вода, и растворы кислот, щелочей и солей.

Извлечь чистый металл из раствора его соединения сравнительно легко. В одних случаях пускают в ход электролиз. В других прибегают к обменным химическим реакциям. Вы, наверное, знаете, что, если опустить в раствор медного купороса кусок железа, хотя бы бритвенное лезвие, на нем начнет осаждаться медь. В обмен в раствор уходят ионы железа. Тот же по существу процесс идет в заводских масштабах на предприятиях, получающих медь. Чтобы выделить медь из раствора электролизом, нужно залить этот раствор в ванну, в которой, как и при рафинировании меди, установлены анод и катод. Но анод здесь делают из свинца.

Почти так же получают в электролитных ваннах цинк. Особенно широко применяется гидрометаллургия при переработке цинковых концентратов.

В нашей стране есть комбинаты, которые из одного концентрата добывают 8, 11, 14, 17 химических элементов. А в Германской Демократической Республике из мандсфельдских нефтяных сланцев извлекают даже 25 элементов.

Чтобы получить несколько элементов из многоэлементного концентрата — металлурги называют такой концентрат *комплексным* (или *полиметаллическим*),— на отечественных заводах их последовательно выделяют из раствора, каждый раз особым реактивом. Так, при переработке цинковых концентратов сначала отделяют в осадок свинец и с ним индий и часть цинка, потом осаждают медь, кадмий, кобальт. Затем принимаются за переработку свинцового осадка — разделяют свинец, индий и цинк.

В таких электролизных ваннах при температуре почти 1000° С получают алюминий из глинозема. *На снимке:* электролизные ванны Надвоицкого алюминиевого завода в Карелии.

Выделить сразу чистые осадки не удается. Их приходится растворять, переочищать, опять осаждать, фильтровать, промывать. Процесс этот длительный, дорогой. Поэтому в металлургию все больше проникают *иониты* — особые синтетические смолы. Погруженные в соответствующий раствор, они забирают из него только, скажем, сложные ионы золота. Химики утверждают даже, что иониты сделают выгодной, например, добычу драгоценных металлов из морской воды.

Добыча и получение цветных металлов имеют огромное народнохозяйственное значение. Ведь в ряде случаев цветные металлы просто незаменимы. *Алюминий* — «король воздуха» — основной материал в самолетостроении. Его главный помощник в сверхзвуковой авиации — *титан*. Титановые сплавы несколько тяжелее алюминиевых, но зато прочнее

их и выдерживают вдвое более высокую рабочую температуру. Чистый титан отлично работает в растворах солей и кислот. Из него поэтому делают насосы, трубы, краны для гидрометаллургических цехов.

Алюминий в то же время помощник и конкурент меди в электропромышленности, олова — в изготовлении консервных банок, бронзы и свинца — в оболочках электрокабелей. Проник алюминий и в строительство: из него делают оконные рамы и переплеты, различные облицовочные детали красивой окраски. Появляются и здания, конструкции и стены которых сооружены из алюминия и его сплавов. Из алюминиевых порошков делают взрывчатые вещества.

Медь по-прежнему важнейший металл электропромышленности.

Ртуть тоже «обслуживает» одновременно многие отрасли хозяйства — медицину (термометры, лекарства), горное дело (гремучая ртуть в детонаторах), электротехнику, лаборатории ученых, химическую промышленность, производство золота и т. д.

Золото и *платина* доказали в последние годы, что их не зря называют благородными и драгоценными металлами. Но истинная причина их ценности, конечно, не только в их красоте.

Золото оказалось хорошим металлом для пайки и используется сейчас в ядерных реакторах, в деталях ракет и самолетов (прежде всего в реактивных двигателях).

Перед тугоплавкой платиной тоже широко открыты двери космической и атомной промышленности, электроники и т. д. Но, может быть, самое важное применение ее в качестве катализатора во многих областях химической промышленности. Это, пожалуй, лучший из известных нам ускорителей химических реакций.

Неожиданно возросла потребность в *серебре*. Промышленность требует его больше, чем можно добыть в рудниках. Идут в переплавку серебряные монеты и слитки из банковских подвалов. Соединения серебра входят в состав кино- и фотопленок; серебро губит бактерии, поэтому им покрывают поверхности многих устройств в пищевой и консервной промышленности; используют его и для обеззараживания воды. Чистое серебро благодаря своей высокой электропроводности — отличный материал для изготовления многих ответственнейших деталей в электропромышленности.

От металлургов требуется умение получать эти металлы в чистом или очень чистом состоянии. В металлах обычной чистоты допускают 0,01—0,1% примесей, в более чистых металлах — только 0,001—0,01%. Но иногда требуется металл такой чистоты, что счет примесям ведут уже не на проценты, а на атомы, допуская, например, лишь один атом примеси на миллиард атомов основного металла. Но в чистом виде цветные металлы применяют далеко не всегда. Чаще их используют в виде сплавов, о которых и пойдет дальше речь.

Сплавы

Еще древние мастера знали, что добавка очень мягкого олова к мягкой меди дает твердую прочную *бронзу*. Чтобы приготовить ее, нужно взять медную стружку, нарубить кусочками олово, смешать их и нагреть. Смесь расплавить легче, чем чистую медь. При этом получится однородный расплав. При охлаждении он затвердевает, и образуется однородное твердое металлическое вещество — сплав меди и олова — бронза.

Итак, сплав в нашем случае — это вещество, состоящее из 2 металлов. В более сложных сплавах присутствуют 5—6 металлов. В образовании сплавов принимают участие и неметаллы: кремний, мышьяк, фосфор, углерод и другие элементы. Не все металлы сплавляются. Например, не удается сплавить такие похожие металлы, как цинк и свинец. Расплавившись, они образуют 2 слоя: нижний — свинцовый с примесью цинка и верхний — цинковый с примесью свинца.

Есть пары металлов, не сплавляющиеся совсем. Но эти пары встречаются редко. Чаще металлы во время сплавления образуют соединения. Таким образом получаются новые вещества с замечательными свойствами. Особые свойства уже известной нам бронзы получены соединением меди с оловом. Ценные в машиностроении сплавы *латуни* получаются на основе соединений меди с цинком.

Замечательный сплав *дуралюмин* содержит 91—92% алюминия, 4—5% меди и примерно по одному проценту марганца, магния, кремния и железа. Его прочность в 4—6 раз превышает прочность чистого алюминия. Большая прочность металла обеспечивается главным образом соединением меди с алюминием.

Для резания металлов со скоростями в тысячи метров в минуту применяют соединение вольфрама с углеродом — *карбид вольфрама*, скрепленный кобальтом. Для сравнения укажем, что резцы из простой вольфрамовой стали могут работать со скоростью всего 10—15 м/мин.

Из *сплавов никеля с хромом и железом* делают, например, проволоку с высоким электрическим сопротивлением для электропечей и нагревателей; кислотоупорные листы и трубы для работы в химической промышленности; жаропрочные детали двигателей реактивных самолетов.

Немагнитный алюминий, соединяясь с никелем и кобальтом, дает исключительно сильные магниты для приборостроения.

Современное книгопечатание было бы невозможно без применения *типографских сплавов,* состоящих из свинца, сурьмы и олова.

Наш рассказ о применении цветных металлов и их сплавов очень краток. Производство цветных металлов и сплавов — сложная наука. Ему посвящены труды многих знаменитых ученых. Это интересная специальность, которая может стать делом всей жизни инженера и ученого.

Металл и форма

Посмотрите вокруг. Вы найдете немало вещей, изготовленных при помощи *литья.* Радиаторы центрального отопления — это чугунное литье. Мясорубка, жаровня, ступка, сковорода, конфорки газовых плит тоже отлиты из чугуна или других сплавов. Но больше всего литых деталей в разных машинах: автомобилях, станках, самолетах, морских и речных судах и др.

Никаким другим способом нельзя придать металлу такие замысловатые формы, какие получают литьем, т. е. используя свойство жидкости приобретать форму сосуда. Литье позволяет наиболее целесообразно распределить металл в изделии: там, где деталь подвергается большой нагрузке, площадь ее сечения делают большей, а места, на которые падают незначительные нагрузки,— более тонкими. Различными методами *точного литья* (см. ст. «Литейные без земли») удается изготовлять детали сложной конфигурации, причем настолько точные, что они почти не требуют последующей обработки на станках.

В нашей стране искусство литья достигло высокого развития еще много веков назад. Его образцы можно видеть в Московском Кремле. Это отлитая выдающимся русским литейщиком Андреем Чоховым в конце XVI в. Царь-пушка массой 40 т и изготовленный знаменитыми литейщиками Иваном и Михаилом Маториными в первой половине XVIII в. Царь-колокол массой 200 т. Искусными мастерами художественного чугунного литья издавна славился город Касли на Урале. Каслинское художественное литье украшает многие музеи нашей страны и за рубежом.

Литейное производство было и остается основой всего машиностроения. Производство литья из года в год растет. По выпуску отливок из черных металлов СССР занял первое место в мире.

Деталь и металл

Отливки делают обычно не из чистых металлов, а из их сплавов — чугуна, стали, бронзы, латуни, дуралюмина.

У конструктора большой выбор металлов и сплавов, и он тщательно взвешивает достоинства и недостатки каждого. Для литья имеет значение не только прочность сплава. Важно знать, хорошо ли он льется, как быстро затвердевает, какую дает усадку, т. е. насколько он уменьшается в объеме при затвердевании. Иначе трудно правильно рассчитать конструкцию.

Возьмите разные жидкости — воду, керосин, сметану. Попробуйте вылить на блюдце несколько капель каждой из этих жидкостей, и вы увидите, что вода и керосин растекаются гораздо быстрее сметаны. Они обладают, как говорят металлурги, лучшей *жидкотекучестью.* Так же и металлические сплавы: одни растекаются быстро, другие — очень медленно. Если сплав в жидком состоянии подвижен и невязок, то он легко заполнит любую сложную форму, быстро проникнет в ее тончайшие извилины. Из такого сплава можно получать отливку с тонкими стенками. Из сплавов, которые растекаются медленно, «лениво», тонкостенную отливку не получишь: они застынут прежде, чем заполнятся все извилины формы. Из таких сплавов изготовляют лишь простейшие по форме отливки.

Разные сплавы обладают и разной *усадкой.* Если это заранее не предусмотреть, в отливке могут оказаться трещины. Внутри отливок из сплавов с низкой жидкотекучестью часто образуются усадочные раковины, т. е. пустоты.

В современных литейных цехах все операции по приготовлению и подвозу формовочной земли механизированы.

Чугун — один из лучших литейных сплавов, он оттеснил даже сталь, несмотря на то что она прочнее и не такая хрупкая. Объясняется это тем, что сталь по литейным свойствам уступает чугуну и обладает меньшей жидкотекучестью. При работе со сталью приходится прибегать к ухищрениям, добиваясь, чтобы металл заполнил всю форму, чтобы в отливке не образовались трещины или раковины.

Вот сколько обстоятельств необходимо учитывать при выборе материала для отливки. Обычно материалы выбирает конструктор, а литейщик решает, каким методом литья следует изготовлять деталь.

Литейная форма

Задача литейщика — получить заготовку, которая по форме и качеству поверхности была бы близка к детали и требовала минимальной дополнительной обработки на станках. При этом принимаются во внимание затрата материалов и труда, возможность механизации всех процессов и другие факторы, определяющие экономичность производства. Существуют различные методы литья.

Самый древний — *литье в песчано-глинистые формы,* или, как говорят, *литье в землю.* Недостаток этого метода в том, что песчано-глинистые формы пригодны лишь для *разового* пользования.

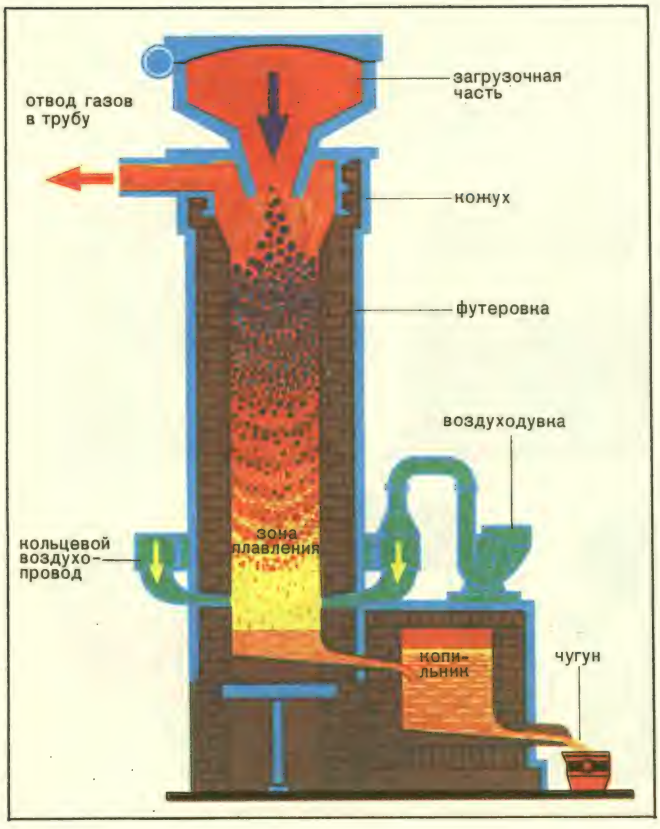
Для получения отливок применяют также *полупостоянные керамические формы;* их делают из особых, обжигаемых при высокой температуре (600—700° С) смесей. Они служат обычно 40—50 раз.

Очень эффективны *постоянные металлические (кокильные) формы:* их можно использовать для заливки металла сотни и даже тысячи раз.

Стремление сделать такие отливки, которые не требовали бы дополнительной обработки на станках, породило различные методы *точного литья: в оболочковую форму, под давлением, кокильное, центробежное* и др. Ниже мы остановимся на этих методах подробнее. Однако основная масса литья (до 85%) пока производится в песчано-глинистых формах. Посмотрим же, как получаются такие отливки.

Литье в землю

Чтобы отлить даже простое изделие, например чугунную втулку, нужно проделать очень сложную работу, выполнить множество операций. Сначала в модельном цехе из дерева или металла изготовляют *модель* втулки; она разъемная и состоит из двух



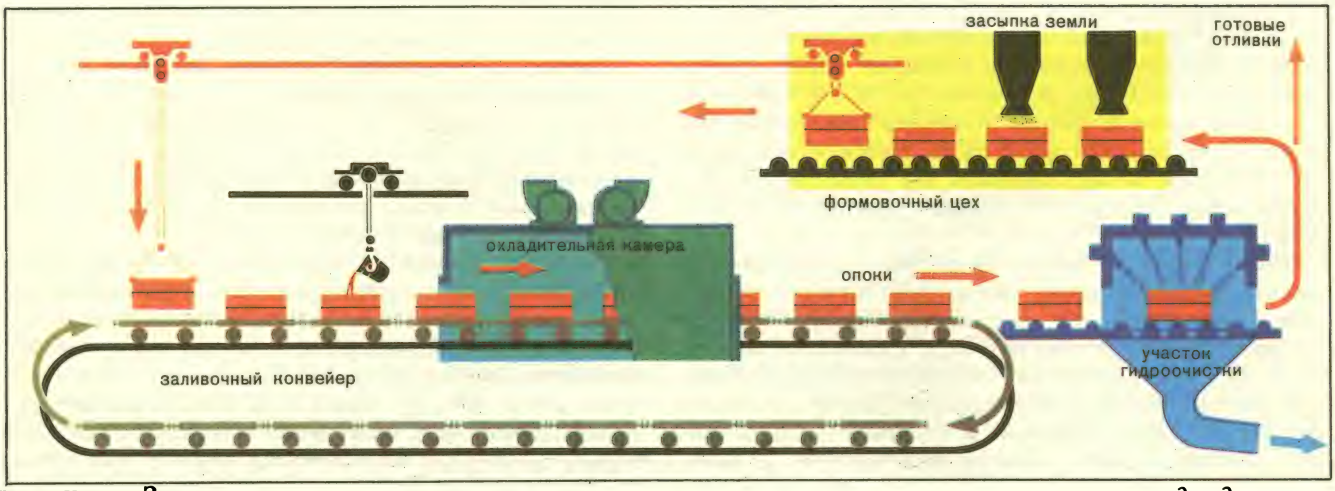
Вагранка — печь для выплавки чугуна в литейном производстве.
Внизу: в цехах массового производства для перемещения опок и их заливки установлены формовочно-заливочные конвейеры.

Смесь должна быть газопроницаемой, огнеупорной, теплопроводной, не оказывать сопротивления усадке металла при его затвердевании и охлаждении. Необходимо также, чтобы она сохраняла свои свойства при многократном использовании, т. е. была долговечной. И наконец, важно, чтобы она была дешевой, иначе литье окажется очень дорогим, а следовательно, вздорожают и машины. Еще более высокими свойствами должна обладать *стержневая смесь,* так как нагрузка на стержни больше, чем на форму.

Основные материалы для изготовления литейных форм и стержней — специальные пески и глины. Месторождения таких песков встречаются не так уж часто, и их нередко приходится завозить издалека.

В качестве связующих материалов в формовочных и стержневых смесях используют растительные и минеральные масла, искусственные смолы, канифоль и т. п. Больших успехов советские литейщики достигли в замене растительных масел синтетическими и в применении быстротвердеющих смесей. Это очень важная ветвь технического прогресса.

Итак, смесь готова. Формовщик делает земляную форму втулки. Он берет одну половину модели и



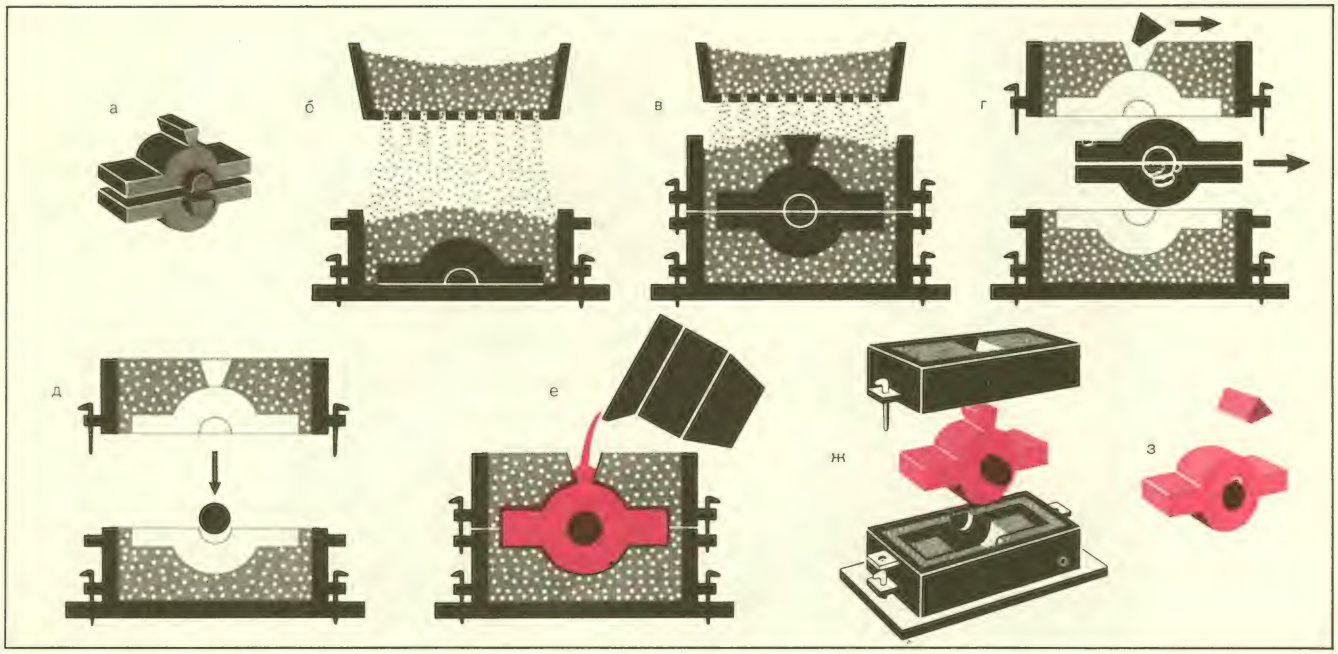
половинок. Затем в землеприготовительном отделении литейного цеха из земли и различных добавок готовят *формовочную смесь.* Но у втулки есть внутреннее отверстие,— значит, необходимо приготовить еще одну смесь — для *стержней.* Назначение стержней — заполнить те места в форме, которые в детали, в данном случае во втулке, соответствуют отверстиям.

Формовочная смесь должна быть достаточно прочной, иначе при сборке и транспортировке форма разрушится или не выдержит давления струй металла.

кладет ее на металлическую плиту — *подмодельную доску.* На эту же плиту он ставит металлический ящик без дна — *опоку* — так, чтобы внутри его оказалась половина модели. После этого опоку плотно набивают формовочной землей, а затем переворачивают, чтобы половина модели оказалась разъемом вверх. На эту опоку формовщик ставит еще одну.

В стенках опок снаружи сделаны петли. В них вставляются металлические штыри, и таким образом две опоки скрепляются друг с другом.

Чтобы изготовить в земляной форме литую деталь, прежде всего надо сделать деревянную модель *(а)*. Затем половину модели и опоку кладут на подмодельную плиту и засыпают землей *(б)*. Землю в опоке уплотняют и опоку переворачивают вместе с землей и моделью. На перевернутую опоку ставят вторую половину модели и вторую опоку, скрепляют ее с первой, а затем тоже засыпают землей и уплотняют *(в)*. Земляная форма готова. Деревянную модель вынимают из нее *(г)*, а в форму вставляют стержень *(д)*, снова собирают и заливают металлом *(е)*. Готовую деталь отделяют от земли *(ж)*, вынимают



В верхнюю опоку кладется вторая половина модели так, чтобы она точно попала на первую. Формовщик ставит в верхнюю половину опоки два деревянных конусных брусочка (на месте этих брусочков в готовой форме останутся два отверстия: одно — для заливки металла, а другое — для выхода воздуха и газов). Теперь и эту опоку заполняют формовочной смесью и хорошо, равномерно уплотняют ее.

После этого из земли надо вынуть деревянную модель. Верхнюю опоку осторожно снимают с нижней и вынимают обе половинки модели; в земле остаются четкие отпечатки двух половинок втулки. Их и уже приготовленный стержень покрывают особой краской — противопригарной. Затем в полость формы вставляют стержень и прорезают в земле канал, соединяющий отверстия для заливки с полостью формы,— *литниковый ход*. Нижнюю половину опоки снова накрывают верхней и на нее накладывают груз. Все готово: в земляной массе получилась форма совершенно такая же, как втулка; после того как форма немного подсохнет, в нее можно заливать металл.

Металл для заливки в формы плавят в *вагранках*, *мартеновских*, *электрических* и других *печах*. Наиболее простая по конструкции и обслуживанию — вагранка (см. рис. на стр. 245).

Ковш с жидким металлом подводят к форме и металл заливают в литниковый ход. Нужно теперь подождать, пока металл остынет, и тогда отливку можно вынуть — выбить из формы.

Однако на полученной отливке остаются наросты от литникового хода и отвода для газа — *выпора*. Их легко отделить одним-двумя ударами молотка. После этого остается только очистить отливку от приставшей формовочной земли. Это делают с помощью *наждачных* станков, *пескоструйных* или *дробеструйных* аппаратов.

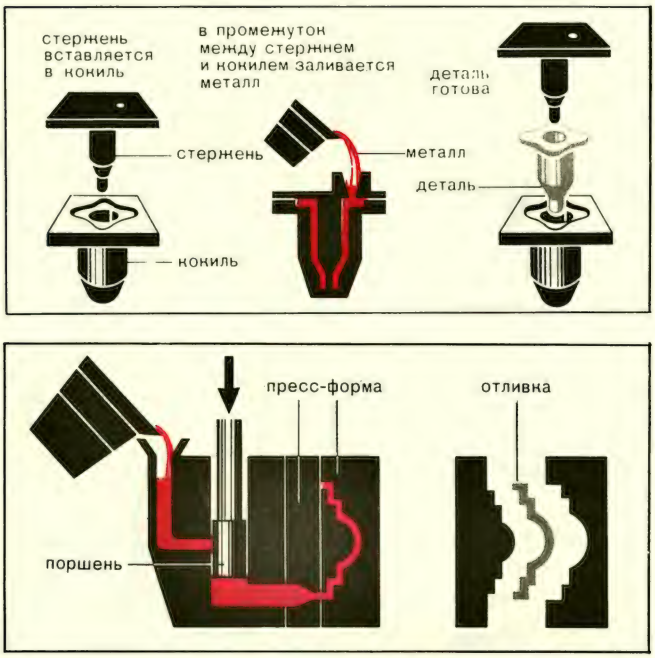
Тяжел был труд литейщиков, когда подвоз земли, приготовление смеси, перенос опок с места на место производились вручную. В современных литейных цехах все операции, включая транспортные, механизированы и автоматизированы.

Вы входите в литейный цех. Вас встречает шум мерно отбивающих такт *формовочных машин*. Для перемещения опок и их заливки служат *заливочные конвейеры* — цепь тележек, движущихся с небольшой скоростью по рельсам. Сборщики сталкивают формы на тележки и на ходу заливают их металлом. За время, пока форма по конвейеру достигнет выбивного участка, она успеет остыть. Кран снимает форму с конвейера. Пустые опоки возвращаются к формовщикам. Дальше отливки разными способами очищают от приставшей земли. Наиболее совершенный из них — *гидравлический* (очистка водой).

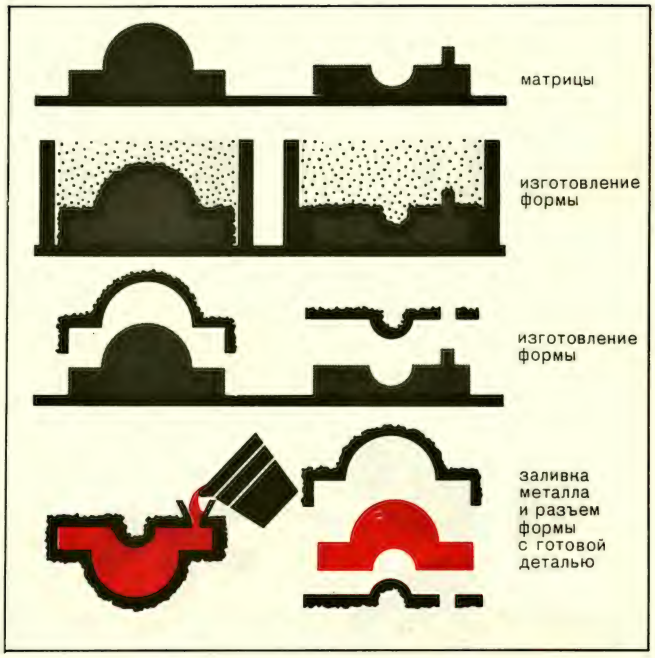
А теперь остановимся на специальных видах литья.

из нее стержень, удаляют литник *(з)*, и деталь готова.

Схема литья в кокиль. Стержень вставляется в кокиль; через отверстие в промежуток между кокилем и стержнем заливается металл, и деталь готова. *Внизу:* литье под давлением — еще один вид точного литья.



Литье в формы из песчано-смоляных смесей называется корковым. Отливки получаются достаточно точными.



Литейные без земли

Литье в кокиль, или литье в постоянные формы

Кокиль — французское слово, в переводе на русский язык означает «раковина». Это толстостенная металлическая форма. Ее применяют, когда необходимо изготовить много одинаковых отливок.

Перед заливкой металла в одну из половин кокиля вставляют стержни. Затем две половины кокиля соединяют и плотно скрепляют. В собранный кокиль заливают жидкий металл. Здесь он очень быстро затвердевает. Через несколько минут после заливки деталь можно уже вынуть. Затем внутреннюю поверхность кокиля продувают сжатым воздухом, прокрашивают, и... процесс начинается снова. Таким образом, в один и тот же кокиль можно многократно заливать металл и получить сотни и даже тысячи одинаковых отливок.

Этот способ имеет много преимуществ перед литьем в земляные формы. Не нужна формовочная земля, отпадает необходимость в землесмесительных и формовочных машинах, кранах и т. д. Улучшаются условия труда, повышается производительность, а отливки не нуждаются в дальнейшей обработке на станках. Но зато на производство самих кокилей приходится затрачивать много дорогостоящего металла, труда и времени. Однако в конечном счете эти дополнительные затраты оправдываются и кокильное литье внедряется все шире.

Литье в кокиль применяют для простых по конфигурации отливок из чугуна, стали и цветных сплавов массой от нескольких сотен граммов до нескольких тонн. Созданы специальные кокильные литейные машины, работа на которых механизирована и автоматизирована.

Литье под давлением

Мы уже знаем, что литейные сплавы отличаются разной степенью жидкотекучести. Но оказалось, что если подвергнуть слой жидкого металла большому давлению (до нескольких десятков мегапаскалей), то металл можно заставить течь быстрее. Однако обыкновенные кокили не выдерживают высокого давления и разрушаются. Поэтому формы для литья под давлением изготовляют из специальной стали, их называют *пресс-формами*, а литье под давлением иногда называют еще *пресс-литьем*. При этом методе литья жидкий металл входит в форму не под действием силы тяжести, а вводится в нее давлением сжатого воздуха или поршня. Металл при этом быстро заполняет все пустоты формы.

Литье под давлением применяют для отливки сложных деталей, главным образом из цветных металлов и сплавов (цинковых, алюминиевых, магние-

Схема точного литья по выплавляемым моделям: *1* — формовка восковой модели; *2* — из отдельных моделей собирается «елочка»; *3* — на «елочку» наносится слой керамического порошка; *4* — из керамической формы выплавляют воск; *5* — форма заливается снаружи керамикой, это делает ее более прочной; *6* — еще прочнее форма становится после обжига; *7* — теперь форму можно заполнить расплавленным металлом; *8* и *9* — после остывания металла остается разбить форму и разобрать «елочку» — теперь уже металлическую — на отдельные детали.

вых, медных). Машины для литья под давлением способны выпускать по нескольку тысяч отливок в смену. Таким способом можно получать отливки с очень тонкими стенками.

Литье по выплавляемым моделям

Поиски лучших методов литья привели к еще одному решению: делать модели не из дерева или металла, а из особого легкоплавкого воскообразного вещества. Такую модель покрывают огнеупорной керамической оболочкой и заформовывают в опоку. Горячий металл расплавляет воск (парафин, стеарин) и занимает его место.

Впрочем, этот метод не нов. Им пользовались еще в начале прошлого столетия. Смысл способа в том, что модель не надо извлекать из формы, она сама выплавляется. Поэтому такой способ и называют литьем по выплавляемым моделям. Это позволяет получать из чугуна, стали и бронзы очень точные отливки.

Кроме того, этот процесс, что очень важно, хорошо поддается автоматизации.

Литье в корковые (оболочковые) формы

Иногда формы делают не из парафина или воска, а из песчано-смоляных смесей. Для этого нагретую до 200—250° С металлическую плиту с установленными на ней металлическими моделями засыпают смесью мелкого кварцевого песка с некоторым количеством особой порошкообразной смолы. Под действием тепла частички смолы, прилегающие к модельной плите и моделям, расплавляются и обволакивают зерна песка, а застывая, скрепляют их между собой. Так, за 15—20 с на плите образуется полутвердая песчано-смоляная оболочка. Избыток смеси удаляют, а модельную плиту вместе с оболочкой помещают в печь, где заканчивается процесс твердения смолы и спекания оболочки. Готовую оболочку — полуформу — снимают с плиты и соединяют с другой полуформой. Теперь можно заливать металл. При этом способе также не надо ни опок, ни большого количества формовочной земли, ни металла для кокилей. Правда, отливки получаются не такими точными, как при литье по выплавляемым моделям, но гораздо точнее, чем в земляных формах. Этот способ сейчас широко распространяется.

Центробежный способ литья

При этом способе металл заливают во вращающуюся металлическую форму. Способ основан на использовании центробежной силы, прижимающей металл к стенкам формы, и позволяет получать отливки высокого качества. Таким способом на специальных центробежных машинах отливают изделия, имеющие форму тел вращения (трубы, шестерни, зубчатые ободы и т. д.).

В последние годы литейное производство успешно механизируется и автоматизируется, созданы автоматические литейные цехи, например цех-автомат, изготовляющий поршни для автомобилей из алюминиевого сплава. На всем пути — от поступления в цех брусков сплава до упаковки поршней — человеческая рука к ним не прикасается. Отливки здесь получают не в земляных формах, а в металлических — кокилях.

Для контроля за качеством отливок в литейных цехах применяют спектральный анализ, гамма-дефектоскопию, ультразвук и другие методы.

Ковка и штамповка

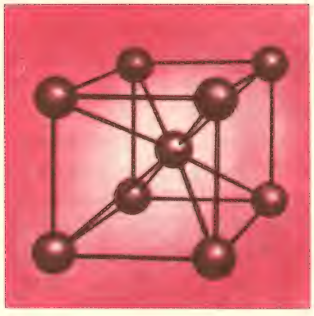
С того времени, как человек узнал железо, он начал искать способы делать его прочнее, надежнее и в то же время придавать ему нужную форму. Губчатое железо в холодном состоянии били колотушками, чтобы придать металлу нужную форму и удалить из него примеси.. Затем, чтобы легче было решать эту задачу, догадались бить его в нагретом состоянии. Этот способ назвали *горячей ковкой*.

Ковка — один из самых древних методов обработки металлов. Орудиями труда кузнеца в далеком прошлом были наковальня, молот и простейшие инструменты: бородки, зубила, гладилки и т. п. В XVI в. появились молоты, которые приводились в действие энергией движущейся воды (водяной привод). Это дало возможность увеличить массу молота (падающего бойка) в 10—15 раз — до 400 кг. Сила удара такого молота, естественно, значительно возросла.

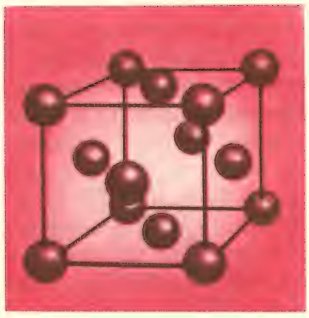
С появлением паровых машин открылись новые возможности для увеличения силы удара молота. Почти одновременно с паровозом родился *паровой молот*. Масса его бойка (иногда его называют *бабой)* достигала уже нескольких тонн. Но и этого оказалось мало! Все увеличивавшиеся размеры изделий (валы кораблей, стволы пушек) требовали более мощных молотов.

Появились *прессы,* которые сдавливали крупные, хорошо нагретые стальные слитки и этим придавали им нужную форму. В то же время (60—70-е годы прошлого века) появились *прокатные станы* (см. ст. «Черная металлургия»). Но кузнечная обработка не потеряла своего значения. В наше время она получила новое развитие. Ковкой не только придают металлу нужную форму, но и одновременно улучшают его качество: делают его однороднее и прочнее.

Объемно-центрированная решетка.



Гранецентрированная решетка.



Искусство нагревать металл

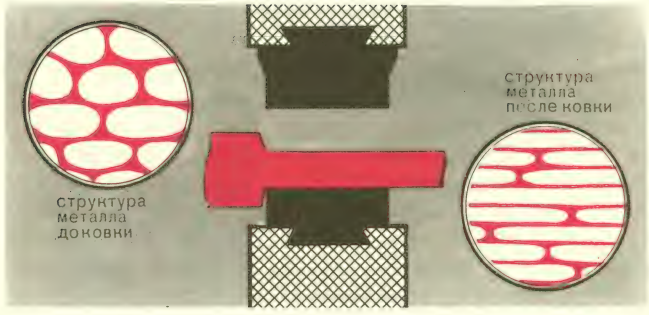
Процесс ковки основан на природных пластических свойствах металлов. Однако, когда металл холодный, эти свойства проявляются крайне слабо. Поэтому, для того чтобы металл стал пластичным, его нагревают до температуры свыше 1000° С. Искусство нагревать металл очень сложное и тонкое. Кузнец или штамповщик знает, что стали разных марок (или другие сплавы) требуют разных температурных режимов.

Металлы — тела кристаллические. Каждый кристалл состоит из определенного числа симметрично расположенных и образующих те или иные геометрические формы атомов. Кристалл железа — куб. Атомы в нем размещаются двояким образом. В одних случаях они располагаются в вершинах и центре куба, образуя так называемую *объемно-центрированную решетку,* в других — еще и посередине каждой грани. Такая решетка называется *гранецентрированной.* Во втором случае атомы размещены теснее, чем в первом. А чем теснее располагаются атомы в кристаллах, тем прочнее металл.

Железо может пребывать в разных кристаллических состояниях. Оно меняется по мере нагрева или, наоборот, при остывании. Да и размер самого куба не остается неизменным: в одних случаях грани куба больше, в других — меньше. Еще в 1868 г. русский ученый Д. К. Чернов определил так называемые *критические точки* (температуры) железа, при которых происходит перестройка его кристаллов. Впоследствии оказалось, что такие перестройки характерны не только для железа, но и для других металлов.

Поэтому, нагревая металл для ковки, необходимо очень строго соблюдать температурный режим. Если металл перегреть, то кристаллы (зерна), из которых он состоит, сильно увеличатся и металл станет непрочным; если же температура нагрева окажется ниже требуемой, металл не будет поддаваться ковке. В зависимости от того, сколько углерода содержится в стали, критические точки сдвигаются в сторону более высоких или более низких температур. Поэтому стали с разным содержанием углерода нагревают по-разному.

Ковка улучшает структуру металла. Чем теснее располагаются атомы в кристаллах, тем прочнее металл.



Обработка металлов давлением основывается на науке о пластичности. Выдающуюся роль в развитии этой науки сыграли отечественные ученые Н. С. Курнаков, А. А. Бочвар, Я. И. Френкель, Н. Н. Давиденков, которые своими трудами значительно расширили представления о пластическом разрушении твердых тел. Советские ученые разработали физико-химические основы пластической обработки металлов. Все это облегчает главную задачу: посредством ковки, горячей и холодной штамповки получать почти готовые изделия заданных размеров.

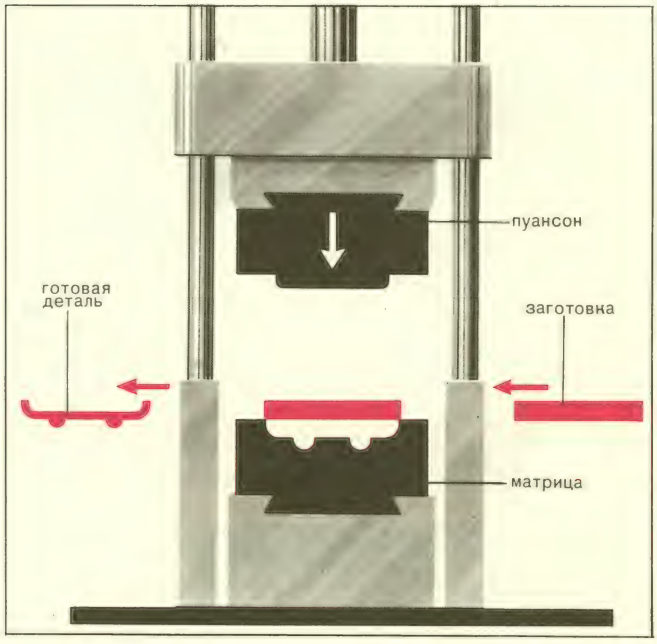
Чтобы нагревать высококачественные стали, строят печи из нескольких камер, в каждой из которых поддерживают определенную температуру. В первую камеру загружают холодный металл, в ней темпе-

ратура 300—350° С. Затем, переходя из камеры в камеру, металл постепенно нагревается до 1050—1250° С.

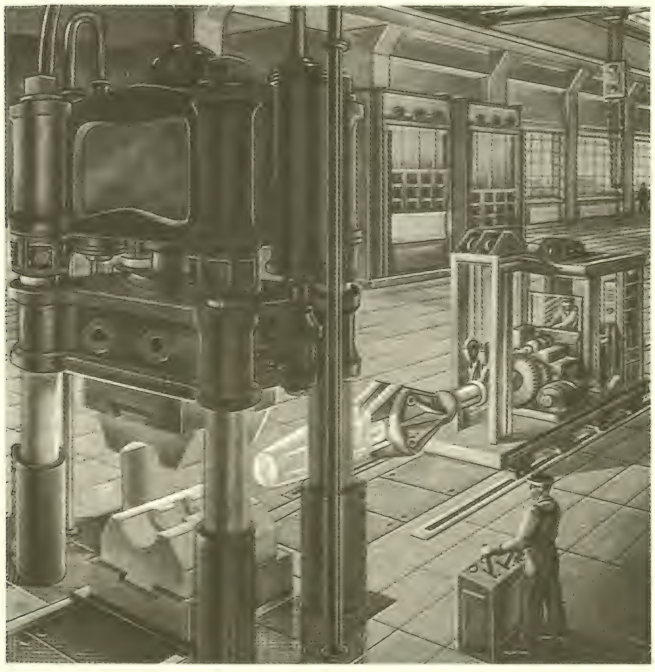
Очень крупные слитки нагревают в больших однокамерных печах. *Под* (пол) в этих печах выдвижной — на нем слиток въезжает в печь и выезжает после нагрева. В момент загрузки температуру в печи снижают до 300° С, а затем ее постепенно повышают.

От устройства печей зависит скорость и качество нагрева металла. Печи бывают *пламенные* и *электрические*. Раньше пламенные печи работали на угле или нефти и в кузницах было дымно, чадно. Современные кузницы работают преимущественно на природном газе. Это значительно улучшило условия труда. Еще более благоприятные условия труда при нагреве поковок электричеством. Широко применяются для этого токи высокой частоты (см. ст. «Обработка токами высокой частоты»).

Штамповка под прессом. Штамп ограничивает свободное течение металла.



Внизу: на штамповочных молотах можно обрабатывать огромные детали. Тут человеку на помощь приходит механический «кузнец» — манипулятор.



Два способа ковки металлов

Существует два способа ковки — свободная ковка и штамповка.

Свободную ковку производят или ударом на молотах, или давлением на прессах.

При свободной ковке ударом заготовку, которую нужно отковать, кладут, не закрепляя, на неподвижную подставку — *наковальню,* над которой вниз и вверх ходит молот — *боек*. Быстро опуская и поднимая молот, по предварительно нагретому металлу наносят удары. При этом металл расплющивается (кузнецы говорят — течет). Ширина и длина заготовки увеличивается, а толщина уменьшается. После того как заготовку обожмут с одной стороны, ее поворачивают на 90° и вновь куют. Такие операции совершаются до тех пор, пока металл не примет нужной формы,— *поковка* готова.

Приблизительно так же протекает процесс свободной ковки на прессах, только на них заготовку обрабатывают не ударом, а прессованием.

Свободной ковкой на молотах и прессах можно обрабатывать заготовки любой массы — и самые маленькие, и очень крупные, до 200 т, например поковки для турбин наших гигантских электростанций. Однако таким способом невозможно изготовить детали точных размеров и форм. Поковки приходится потом обрабатывать на станках, превращая много металла в стружку. Часто бывает даже так: поковку ставят на станок при помощи крана, а деталь уже без труда снимают вручную. Для превращения поковок в детали нужных размеров и форм требуется большой парк металлорежущих станков, огромное количество инструментов.

«Критические точки» Чернова (*a* и *b*): *a* — нижний предел нагрева стали при закалке; *b* — верхний предел нагрева стали; вторая критическая точка зависит от содержания углерода в стали; между *x* и *c* — температура плавления стали разных марок.

Из сказанного ясно, что метод свободной ковки не наилучший; к нему прибегают лишь тогда, когда надо изготовить одну или небольшое число одинаковых деталей. В массовом производстве, например на автомобильных, авиационных, вагоностроительных заводах, детали не куют, а штампуют.

Штамповка по сути дела та же ковка, но здесь «течение» металла ограничено формой — *штампом.*

Штамп состоит из двух половин. Нижняя половина закреплена на наковальне неподвижно, а верхняя прикреплена к бабе молота и перемещается вместе с ней вверх и вниз. Металл укладывают на нижний штамп. Под ударами молота он заполняет полость штампа, принимая ее форму, так как «течение» металла ограничено стенками штампа. Заготовки, полученные таким способом, называют *штамповками.* По форме и размерам они значительно ближе к изделию, чем заготовки, полученные свободной ковкой. А значит, при последующей обработке в стружку уходит меньше металла.

Есть и еще преимущество: отштамповать деталь можно гораздо быстрее, чем отковать. За время, в которое обычный молот откует одну или две детали, молот со штампом сделает десятки, а то и сотни деталей.

Насколько штамповка выгоднее других способов, можно судить по следующему примеру. Сорок с лишним лет назад, когда в Москве только начинали делать автомобили, коленчатые валы вырезали из стальной полосы. При этом в стружку уходило около $^2/_3$ металла. Затем валы стали ковать. С поковок, полученных свободной ковкой, приходилось снимать *только* $^1/_2$ металла. Теперь коленчатые валы штампуют. Потери уменьшились до $^1/_3$, но все же еще велики.

В последние годы машиностроители стали применять новые высокопрочные и очень дорогие материалы. Поэтому перед технологами кузнечного производства встала задача — добиться еще более точных штамповок, чтобы и по форме, и по размерам они максимально приближались к изделиям. Эта задача теперь решена, и на ряде заводов производят крупногабаритные точные штамповки.

Почему же совсем не отказаться от свободной ковки? Потому что изготовить штамп сложно и дорого: его делают из очень крепкой стали и очень точно. К штамповке прибегают в тех случаях, когда нужно изготовить достаточно большое количество одинаковых деталей. Только тогда затраты на изготовление штампов оправдываются.

Ковочные машины

Свободную ковку производят *паровоздушными пневматическими молотами.*

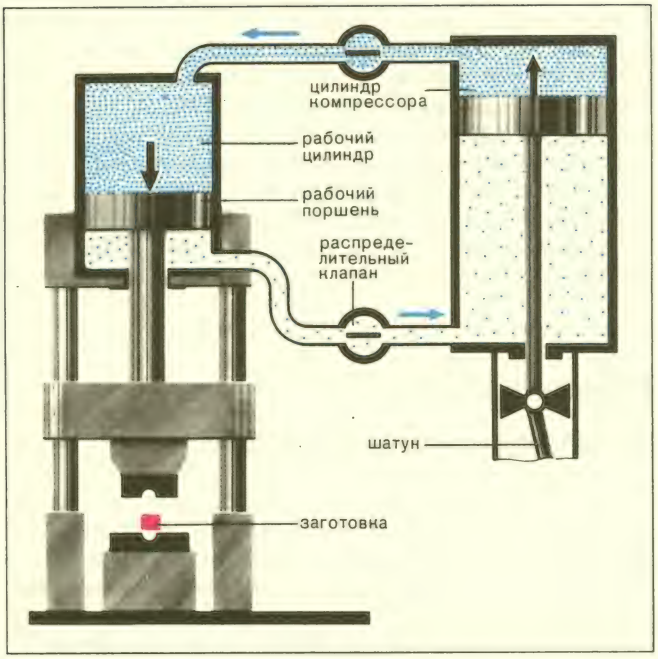
Простейший паровой молот состоит из массивной *станины,* в верхней части которой находится *рабочий цилиндр,* а в нем *поршень,* передвигающийся вверх и вниз (как в велосипедном насосе). На конце поршня — *шток,* к которому прикреплена тяжелая *стальная баба — молот.* В цилиндр, в пространство под поршнем, под высоким давлением подают пар — поршень вместе со штоком и бабой поднимается. Сильно сжатый под поршнем пар удерживает тяжелый молот в верхнем положении.

Нагретую заготовку кладут на наковальню, укрепленную на чугунном или стальном основании.

Все готово. Можно начать ковку. Пар из-под поршня выпускают и нагнетают его в пространство над поршнем: баба падает и наносит удар по заготовке. Так, попеременно впуская и выпуская пар, поднимают и опускают бабу. Она ударяет по заготовке, обжимает ее. Заготовка постепенно меняет форму, металл «растекается».

Но вот ковка закончена. Деталь обхватывают цепями, кран поднимает и уносит ее. Тотчас подвозят следующую заготовку.

Схема работы пневматического молота для ковки металла.



Тяжелые паровые молоты постепенно вытесняются *гидравлическими прессами*. Мощности их непрерывно растут. Еще недавно максимальное усилие прессов не превышало 100 МН. А сейчас на советских заводах действуют ковочные прессы с усилием в 300—400 МН и более. Фундаменты, на которые они опираются, уходят глубоко в землю — на десятки метров. Чтобы привести такие прессы в действие, требуются электродвигатели огромной мощности.

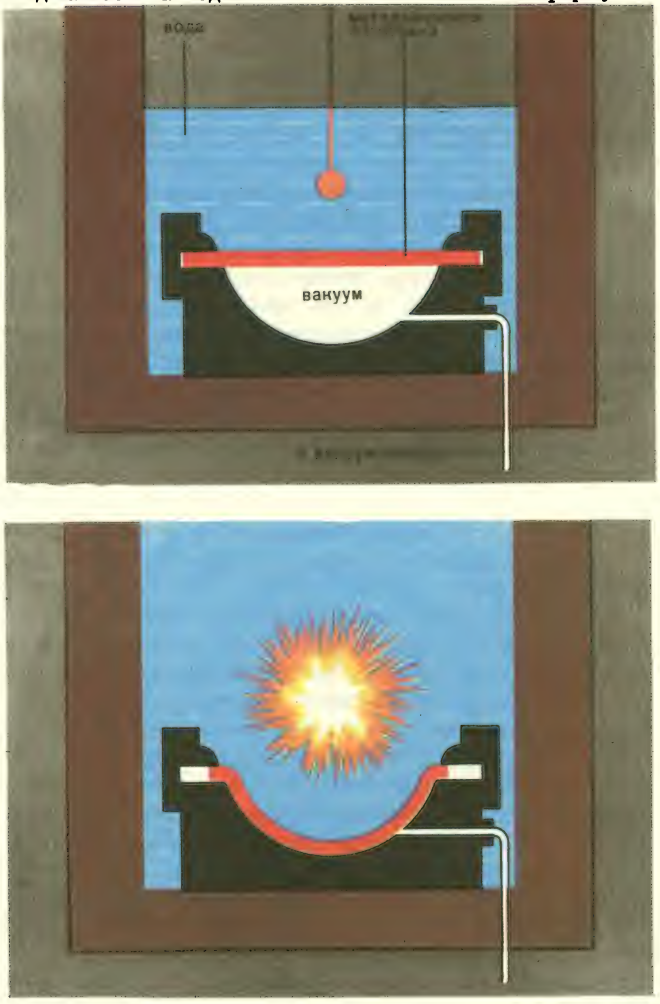
Штамповочные молоты мало чем отличаются от молотов для свободной ковки. Когда штамповщик нажимает педаль, баба автоматически поднимается. Часть металла при штамповке вытекает в промежуток между двумя половинками штампа, и образуется заусенец, который затем удаляют на обрезном штампе.

Штампы бывают *одноручьевые* и *многоручьевые* (ручьи — это углубления в нижней, неподвижной части штампа, от формы которых зависит конфигурация детали).

При работе на одноручьевом штампе заготовку, предварительно подготовленную свободной ковкой, приходится перекладывать с пресса на пресс, со штампа на штамп, пока она не примет нужной формы.

А на многоручьевом штампе всего за несколько ударов молота, перебрасывая заготовку из ручья в ручей, можно изготовить сложную деталь.

Схема процесса формовки металла взрывом. *Вверху:* над формой укрепляется лист металла, на точно рассчитанном расстоянии над заготовкой подвешивается взрывчатое вещество. Взрыв происходит в воде: она равномернее распределяет взрывную волну. *Внизу:* взрывная волна вдавливает металл в форму.



Разновидность штамповочных молотов — *горизонтально-ковочные машины*. Их применяют для горячей штамповки деталей из прутков: колец, втулок и т. д.

У этих машин штампы обычно многоручьевые. Они состоят из *матрицы* и *пуансона*. Матрицы здесь — 2 металлических полукруга, а пуансон — крепкий стальной стержень. Смыкаясь, матрицы (двигаются они по горизонтали, отсюда и название машины) зажимают пруток и таким образом придают металлу нужную форму. В то же время укрепленный на специальном ползуне пуансон (тоже двигающийся по горизонтали) заходит в эту образованную матрицей полость, пробивает заготовку (пруток) и отрезает ее.

Этим методом изготовляют, например, кольца для подшипников.

Автоматический «кузнец»

Современная кузница мало похожа на кузницы старых заводов. Пар, вода, сжатый воздух и электричество освободили человека от тяжелой работы. Человек непосредственно больше не участвует в формировании поковки или штамповки. Современный кузнец — механик при кузнечной машине или даже при автоматической линии из кузнечных машин. Такие линии, например, успешно действуют на автомобильных заводах. На них делают коленчатые валы двигателей и другие сложные детали.

Заглянем в кузнечный цех одного из наших промышленных гигантов — Уральского завода тяжелого машиностроения имени С. Орджоникидзе. На этом заводе делают прокатные станы, оборудование для доменных и мартеновских печей, буровые установки для нефтяных промыслов и для проходки стволов шахт...

Чтобы изготовить такие машины, нужны огромные поковки. Их приходится делать на мощных молотах свободной ковкой. Вот подъемный кран с помощью гигантской «вилки» вытаскивает из печи слиток и переносит его на наковальню молота.

Нигде не видно кузнецов. Вдруг раздается звук сирены. По широкой рельсовой колее, проложенной поперек пролета, к молоту подъезжает металлическая будка на четырех катках. Это так называемый *манипулятор* — механический «кузнец». Из передней стенки у него выдается массивный стальной хобот. Он захватывает край слитка, зажимает его, кладет на наковальню — молот начинает свою работу. Вот поковка готова, хобот опять захватывает ее и аккуратно снимает с молота. Кто же руководит этой работой стального «кузнеца»? Машинист из кабины манипулятора. Перед ним табло с кнопками, рычаги, с их помощью он приводит в действие механизмы молота, перемещает слиток. Манипулятор освободил от тяжелой работы 7 человек.

Штамповка взрывом

Поиски новых, более совершенных способов придания металлу требуемой формы привели к мысли использовать для этой цели энергию направленного взрыва, производимого в воде. Штамповка взрывом имеет большое будущее, так как ей поддаются даже самые твердые металлы. На рисунке видно, как происходит этот прогрессивный технологический процесс. Над формой укрепляется лист металла. Между ним и формой создают вакуум. На точно рассчитанном расстоянии над листом металла подвешивается взрывчатое вещество. Затем все погружается в воду (вода равномернее распределяет взрывную волну, чем воздух). Происходит взрыв, и взрывная волна с удивительной точностью вдавливает металл в форму.

Прессование и холодная высадка

Штамповка бывает и *холодной*. В этом случае она называется *прессованием*. При прессовании из листа металла или пластмассы вырубают (вырезают) деталь, а затем придают ей в специальных штампах или при помощи гибочных станков нужную форму. Так делают различные детали — от маленьких шайбочек до кузовов автомобилей и корпусов самолетов. Только прессы, конечно, для этих деталей используют разные: для шайбочек — чуть повыше обычной тумбочки, а для панелей автомобильного кузова — с двухэтажный дом.

Наряду с прессованием деталей из листа в машиностроении все шире применяется метод *холодной высадки* — детали получают на механических прессах без нагрева металлических заготовок. При этом методе ширина одной части заготовки увеличивается за счет ее высоты, и наоборот. Так из различных металлов и сплавов, а также из пластмасс делают простые шайбы, болты и т. д.

Метод холодной высадки благодаря своей экономичности все более вытесняет на машиностроительных заводах механическую обработку деталей на металлорежущих станках. Дело в том, что при холодной высадке деталей не образуется стружки, поэтому этот способ прозвали еще *безотходным*. Например, раньше, чтобы изготовить болт, надо было произвести 5—6 операций на различных станках: фрезерном, токарном, резьбонарезном. И каждый раз со станка свисала металлическая стружка. А теперь нажим пресса — и вылетает совершенно готовый болт.

Порошковая металлургия

В двигателе автомобиля есть такая деталь — направляющая втулка клапана. Она постоянно испытывает трение, да еще при очень высоких температурах. Раньше эти втулки делали из чугуна, но они быстро выходили из строя, не выдерживая больших нагрузок. Решили заменить чугун другим материалом — более стойким к трению и высоким температурам. И вот стали делать втулки из... порошков — железных порошков с примесью графита. Автомобилисты перестали жаловаться на недолговечность втулок.

Метод изготовления деталей из металлических порошков сравнительно молодой. Его возраст — всего несколько десятилетий. Но он уже завоевал себе широкую известность и, благодаря ряду преимуществ, подчас вытесняет такие старые, испытанные способы, как литье, ковка и штамповка.

Что же это за преимущества?

Прежде всего *экономичность*. Дело в том, что порошки можно делать из любых металлических отходов, даже, например, из окалины. Кроме того, детали из порошков можно сразу делать очень точно. Они почти не требуют последующей механической обработки, а поэтому и отходов получается мало. И главное, детали, полученные таким способом, имеют большую стойкость к износу.

Преимущества порошковой металлургии заключаются еще и в *простоте технологического процесса*. Технология эта не нова, она заимствована металлургами у мастеров керамики. Красивая керамическая статуэтка и уже знакомая нам втулка проходят приблизительно одинаковый путь: и ту и другую сделали из порошков (только основное сырье у керамики — глина, песок, керамический бой, а у нашей втулки — металл), и та и другая побывали в раскаленных печах. Эта общность процессов и некоторых свойств изделий дала деталям из металлических порошков название *металлокерамических*.

Путь к металлокерамической детали начинается с приготовления порошков. Порошки бывают различного «помола», различны и способы их приготовления. Кусочки, обрезки проволоки, стружку дробят или перетирают в шаровой мельнице *(шаровой способ)*. В мельнице другой конструкции с помощью вентиляторов создают внутри воздушные вихри: сталкиваясь друг с другом, кусочки металла сами измельчают себя *(вихревой способ)*. Применяют и специальные дробилки с падающим грузом.

Легкоплавкие металлы *распыляют в жидком виде:* разбрызгивают под давлением сжатого воздуха, а затем направляют на размельчитель — быстро вращающийся диск. Застывшие капельки металла разбиваются на мельчайшие частички. Прибегают и к помощи электрического тока, восстанавливая металл *электролизом* из растворов и расплавов. Он получается хрупким и легко превращается в мельнице в порошок. Применяют и химические методы.

Но вот порошок получен. Теперь его *прессуют* в стальных пресс-формах под огромным давлением. Частички металла сближаются и плотно сцепляются друг с другом.

Однако после прессования детали не обладают еще достаточной механической прочностью. Чтобы ее повысить, надо произвести обработку с помощью высоких температур, или, иначе говоря, *спекание*. При этом частички металла расплавляются и соединяются друг с другом, образуя плотную однородную массу. Теперь деталь готова. Иногда для упрощения процесса прессование объединяют со спеканием. При горячем прессовании материал подвергается одновременно и давлению и нагреву. В этом случае порошок нагревают током, причем можно использовать токи высокой частоты (см. ст. «Обработка токами высокой частоты»). Такое совмещение экономит время, и готовую деталь иногда получают за несколько минут.

Методом порошковой металлургии делают многие детали, поверхность которых испытывает трение: подшипники, уже знакомые нам направляющие втулки, щетки электродвигателей и т. д. Дело в том, что металлокерамические изделия благодаря своей пористости хорошо держат смазку. Иногда пористые подшипники пропитывают маслом, которое постепенно выдавливается и смазывает трущиеся поверхности. Такие самосмазывающиеся подшипники очень экономичны. Они расходуют мало масла, меньше изнашиваются, и изготовить их металлокерамическим путем можно из более дешевых материалов — вместо бронзы и баббита применить железо.

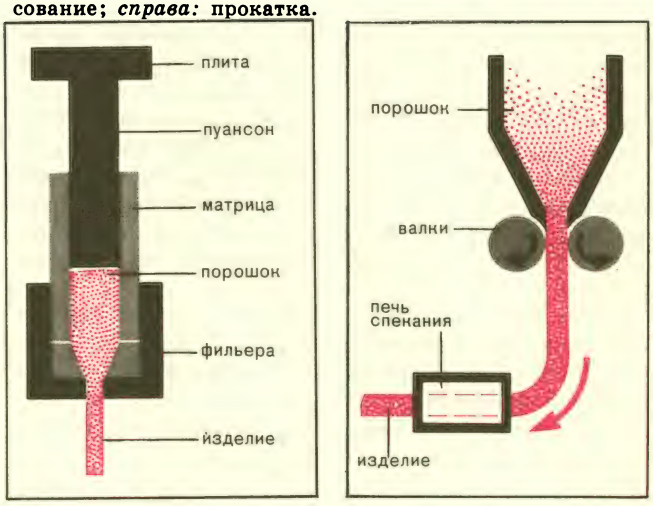
Пористость деталей, сделанных из порошков, при необходимости можно увеличивать, добавляя в металлические порошки графит. Кроме того, графит и сам хорошая смазка. В прессованный подшипник, содержащий графит, масло вводить уже не обязательно.

Пористые материалы нужны не только для подшипников, но и для других изделий. Из пористой металлокерамики делают фильтры для горючих масел и газов. Они настолько дешевы, что засорившийся фильтр даже не очищают, а просто заменяют новым.

Металлокерамика успешно выдерживает высокие температуры. Металлокерамические детали применяют в тормозных устройствах самолетов, автомобилей, сельскохозяйственных и землеройных ма-

Путь металлокерамической детали начинается с приготовления порошков. Чтобы получить деталь из порошка, его вначале прессуют под большим давлением, а потом прессованный порошок спекают.

Слева: мундштучное прессование; *справа:* прокатка.



шин — ведь при торможении выделяется много тепла. Многие детали газовых турбин, ракетных двигателей, атомных реакторов тоже находятся на «горячей работе». И здесь на помощь инженерам пришла порошковая металлургия, позволяющая получать материалы с такими свойствами, каких нет у обычных сплавов,— тугоплавкие, жаропрочные, износостойкие. В этих случаях берутся смеси порошков различных металлов. Например, для изготовления особенно жаростойких деталей в порошок добавляют хром, никель, титан, молибден, вольфрам и другие элементы. Методом порошковой металлургии получают различные твердые сплавы из тугоплавких соединений (главным образом карбидов вольфрама, титана).

Просто и удобно изготовлять из порошков магнитные материалы — от крошечных магнитиков для приборов до огромных магнитов, которыми оборудованы некоторые типы современных подъемных кранов. Такие изделия можно делать из смеси магнитного порошка с пластмассовым. Это позволяет избежать процесса спекания, так как пластмасса связывает крупинки металла и без нагрева.

Металлы соединяют также со стеклом и различными минералами. Так, в *металломинералокерамике* сочетаются высокая стойкость минералов к нагреву и механическая прочность металлов. Эти материалы имеют большое будущее. Сейчас их уже применяют для изготовления защитных жаропрочных покрытий, например, в реактивных двигателях.

Как обрабатывают металлы

Обработка металлов резанием

Что такое теория резания

Обработка резанием занимает большое место в машиностроении. Действительно, для того чтобы металлическая заготовка приобрела требуемую форму и размеры, чтобы ее поверхность была определенного качества,— одним словом, чтобы заготовка стала деталью, ее нужно обработать — снять лишний металл и отшлифовать. Делают это при помощи различного инструмента на металлорежущих станках. С их помощью обрабатывают и огромные детали гигантских машин (например, роторы гидротурбин с диаметром рабочего колеса свыше 9 м, гребные валы судов длиной до 30 м), и детали, которые без увеличительного стекла не рассмотришь.

Резанием выполняют и предварительные — *обдирочные* и окончательные — *финишные* операции. Финишные операции называют *тонкой* или *чистовой обработкой*. Высокое качество поверхностей (особенно трущихся) имеет большое значение: от этого зависит долговечность изделия. Часто финишные операции приходится выполнять с большой точностью — до долей микрометра. Чтобы представить себе такой малый размер, достаточно сказать, что средняя толщина человеческого волоса — 50 мкм!

Основы теории резания металлов были заложены в конце XIX — начале XX в. Главный вопрос теории резания: с какой скоростью станок должен снимать стружку, чтобы стойкость резца была достаточной? Это очень важно: при больших скоростях резания резец нагревается, размягчается и может совсем выйти из строя. Чтобы этого не случилось, резец надо охлаждать. Выбор подходящего способа охлаждения также одна из важнейших задач науки о резании. Но и охлаждение помогает не всегда, а иногда даже вредит: от нагрева и охлаждения металл растрескивается. Следовательно, выбирая наилучший режим обработки детали, теории резания приходится учитывать и свойства материала изделия, и качество, форму и размеры инструмента, и условия резания, и требования к качеству поверхности и т. д. Далеко не все здесь поддается расчетам. Поэтому большая роль в науке о резании металла принадлежит, конечно, эксперименту.

Изучением теории резания металлов в нашей стране занимается специальный научный институт — Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков (ЭНИМС).

Лучковый станок с ручным приводом. Подобные станки применялись в Древнем Египте 5000 лет назад.

Лучковый станок с ножным приводом.

Схема точения. Заготовка вращается, а резец поступательно движется вдоль ее оси.

Схема фрезерования. Фреза вращается, а заготовка движется поступательно.
Внизу: фрезерный станок.

Типы металлорежущих станков

Нет почти ни одного завода, где не работали бы металлорежущие станки — эти замечательные помощники человека. Семья их велика и разнообразна.

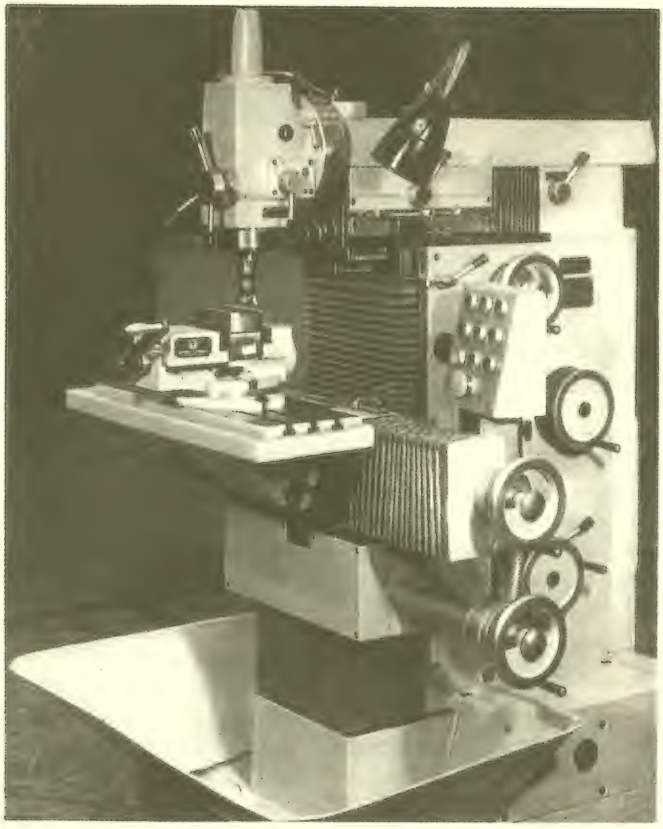
Тип металлорежущего станка определяется инструментом и схемой резания. Самый распространенный инструмент — *резец*. Им выполняют любую операцию резания. Можно сказать, что другие металлорежущие инструменты — это либо результат усовершенствования резца, либо сочетание нескольких различных резцов. Для резца наиболее характерны 2 способа резания: *точение* — при этом заготовка вращается, а резец поступательно движется вдоль ее оси и *строгание* — резец или заготовка движется поступательно. По первой схеме работают *токарные* станки, по второй — *строгальные*.

Типичный инструмент для обработки отверстий — *сверло*. При сверлении заготовка обычно неподвижна, а сверло вращается и в то же время движется поступательно, углубляясь в металл. Так работает *сверлильный* станок.

Широко и разносторонне применяется *фреза*. Это диск с несколькими расположенными по окружности резцами. Обычно фрезой обрабатывают плоскости. При этом ей придают вращательное движение, а заготовке — поступательное. Фрезеруют детали на *фрезерном* станке.

Есть *шлифовальные* станки. На них деталь обрабатывает *шлифовальный круг*. При этом инструмент вращается, а заготовка одновременно и вращается и движется (либо только движется) поступательно.

Перечисленные выше типы станков — это как бы «родоначальники» основных групп металлорежущих машин. У любого из них немало «родственников», и каждый занят своим особым делом. Познакомимся с ними на примере токарного станка. Для этого более подробно разберем его устройство.



Основанием станка служит *станина*. Обрабатываемое изделие зажимают либо между центрами передней и задней *бабок* (два приспособления, установленных по концам станины), либо в *патроне*, который навертывается на *шпиндель* (вал) передней бабки. Резец укрепляют в *суппорте*. В передней бабке находится *коробка скоростей*, напоминающая автомобильную. С ее помощью изделию придают нужную скорость вращения.

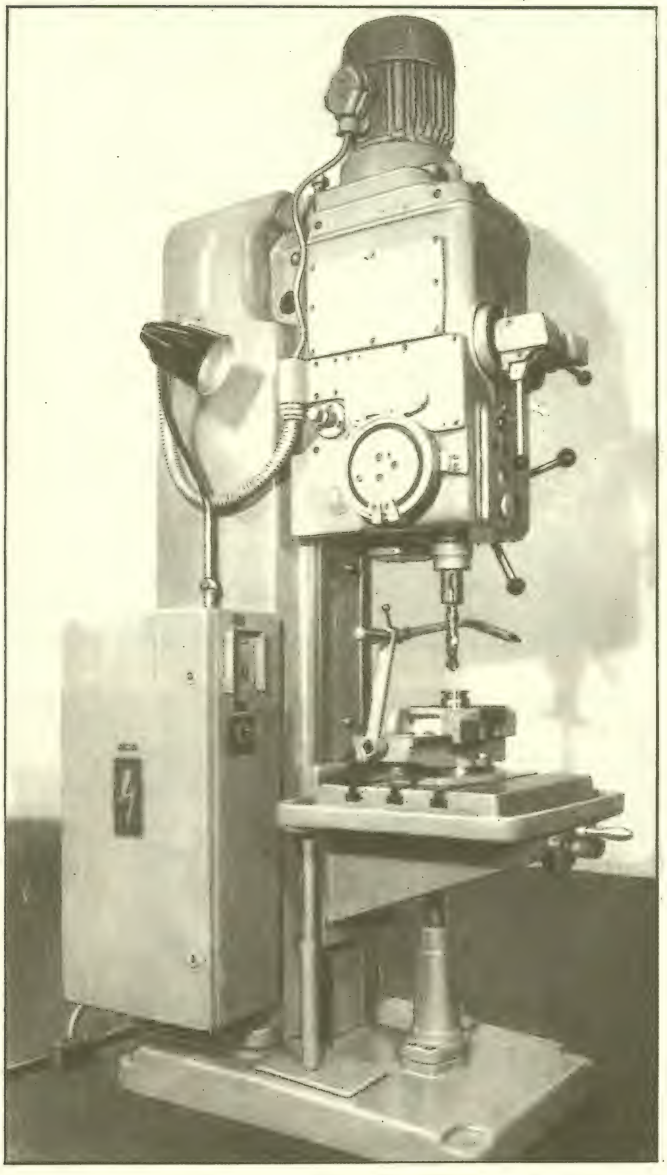
Схема сверления. Заготовка обычно неподвижна, а сверло и вращается, и движется поступательно, углубляясь в металл.

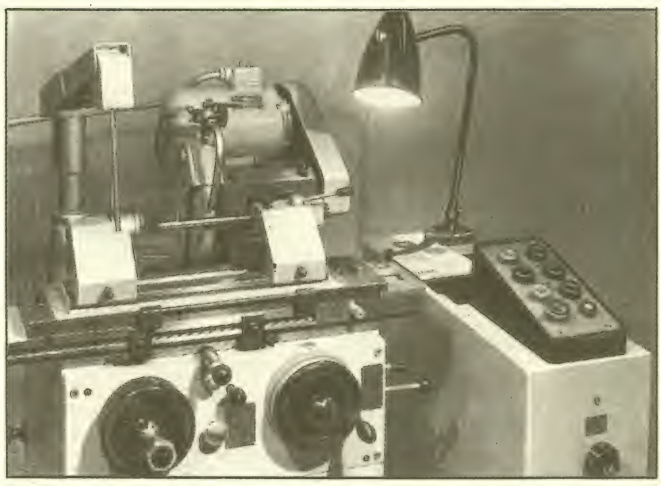
Внизу: сверлильный станок.

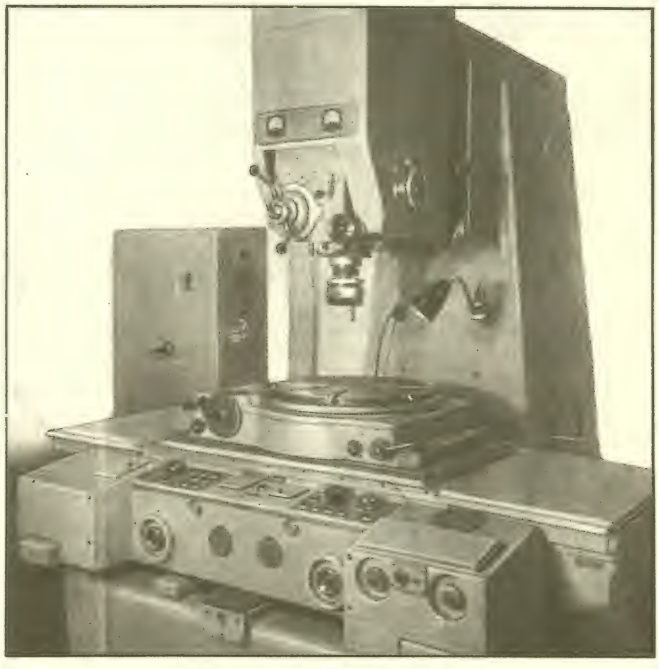
Схема строгания. Резец или заготовка движется поступательно.

Схема шлифования. Шлифовальный круг вращается, а заготовка движется поступательно.

Шлифовальный станок. *Внизу:* координатно-расточный станок.

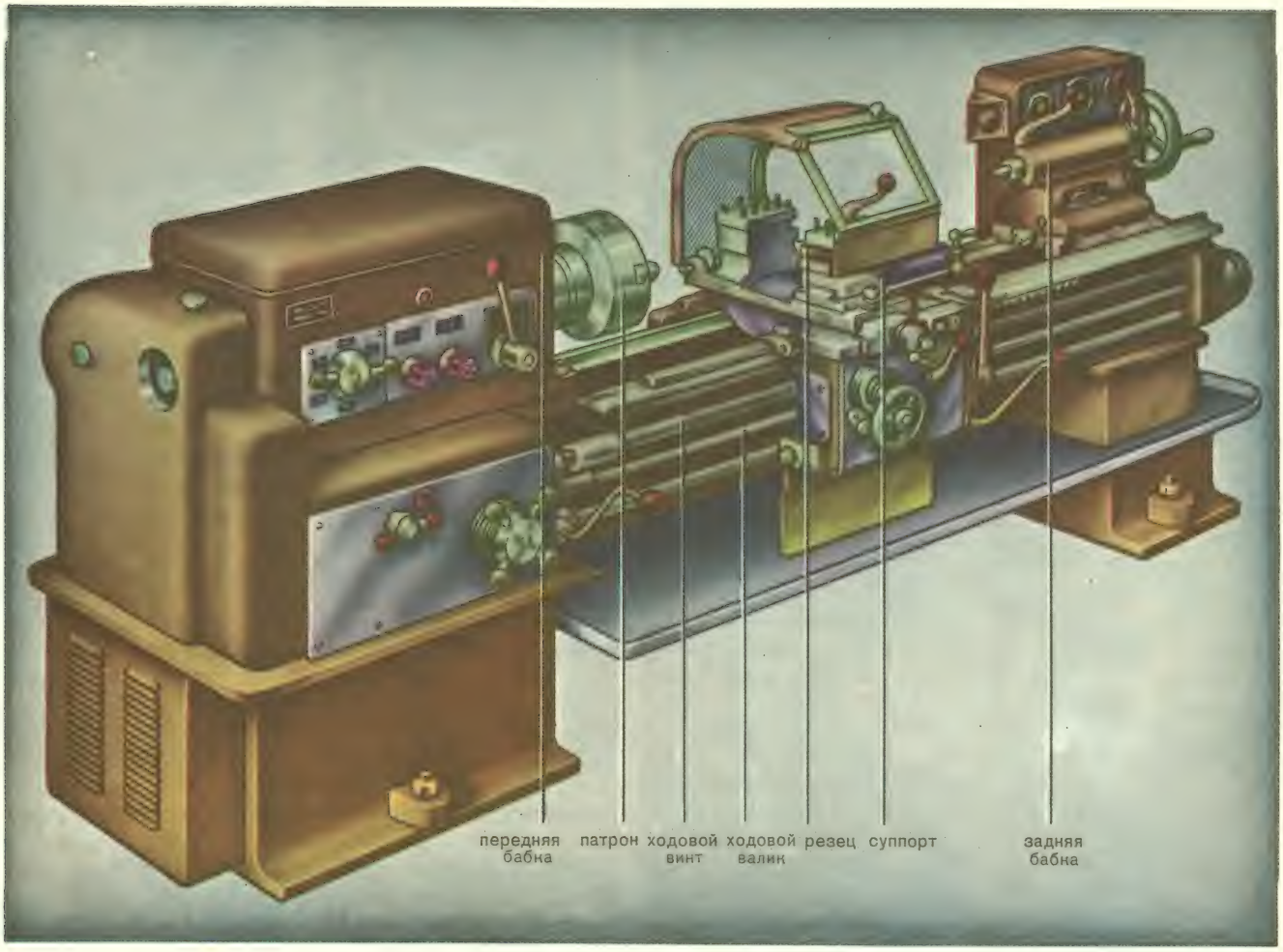






Токарный станок.

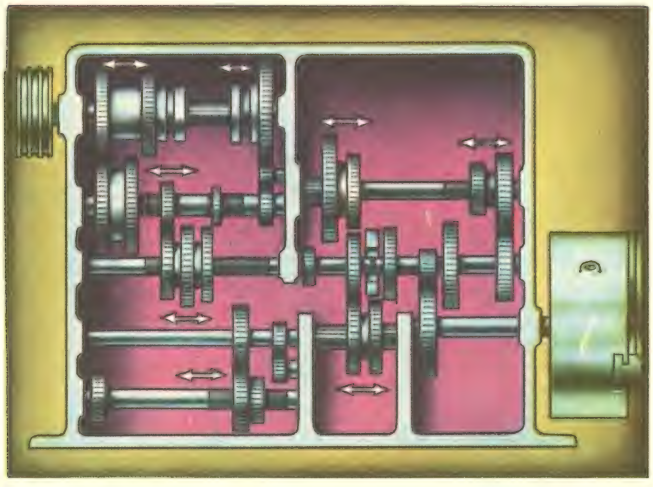
Внизу: коробка скоростей токарного станка. С ее помощью изделию, закрепленному в патроне, который навертывается на шпиндель (вал) передней бабки, придают нужную скорость вращения.



На станке есть еще *ходовой* валик. Он получает вращение от коробки скоростей через коробку передач и вызывает перемещение суппорта, а вместе с ним и резца. Если помимо ходового валика устанавливают ходовой винт, то станок превращается в *токарно-винторезный* — он может нарезать резьбу.

Вот мы и познакомились с первым «родственником» токарного станка. А вот еще один — *токарно-револьверный*. У него вместо задней бабки установлена *револьверная (поворотная) головка*. В гнезда револьверной головки (обычно их 6) вставляют различные инструменты. С их помощью на станке, не прекращая вращения шпинделя, выполняют различные операции.

Для токарной обработки коротких изделий больших диаметров применяют *лобо-токарный* и *кару-*



сельно-токарный станки. Существует еще много разновидностей токарных станков. Столь же богаты различными «талантами» и другие типы металлорежущих станков — сверлильные, фрезерные, шлифовальные.

Как повысить производительность станка

Основное, над чем работали и работают конструкторы, совершенствуя обработку резанием,— это повышение производительности обработки.

Изобретатели неустанно ищут материалы, повышающие стойкость инструмента. Раньше его изготовляли из обычных углеродистых сталей несложного химического состава. Потом появились более прочные стали, содержащие значительное количество вольфрама. Затем были созданы так называемые твердые сплавы (они сохраняют свою твердость при нагреве до 1000° С). В последние же годы начали делать металлокерамические инструменты с еще большей теплостойкостью (см. ст. «Порошковая металлургия»).

Но это лишь один из путей. Другой — усовершенствование конструкции инструмента. Фреза, например, может выполнять такую же работу, что и резец при строгании. Но она многорезцовый инструмент, сочетание нескольких резцов. Шлифовальный круг тоже многорезцовый инструмент, он состоит из множества мелких режущих частиц, скрепленных связующим веществом. И каждая такая частица — миниатюрный резец.

Успех применения многолезвийного инструмента привел конструкторов к мысли: а почему бы не поставить два резца и не удвоить таким образом число режущих лезвий? Так появились *многоинструментальные* металлорежущие станки. В суппорте токарного станка стали устанавливать по нескольку резцов, а затем на противоположной стороне станины поставили второй суппорт, также с несколькими резцами. Теперь количество инструментов, одновременно работающих на станке, иногда измеряется сотнями. Однако беспредельно увеличивать число одновременно работающих инструментов нельзя — обрабатываемое изделие и станок не выдержат нагрузки. Да и обслуживание такого станка слишком сложно. Тогда стали делать *многопозиционные* станки. На них одновременно можно обрабатывать несколько изделий в разных позициях.

Можно повысить производительность станка и другим путем — его *специализацией*. Вот один пример. Коробка скоростей токарного станка имеет сложную конструкцию. Сравните: у автомобиля коробка скоростей позволяет получить 3—4 скорости, а у станка — 24! Предположим, этот станок дает массовую продукцию — обтачивает пальцы поршня автомобильного двигателя. Их надо обточить сотни, тысячи. Станок ничего другого не делает. Для этого из 24 скоростей выбрали одну, наиболее подходящую. А остальные 23 скорости? Пропадают! Поэтому для заводов массового производства делают *специальные* станки, предназначенные для выполнения лишь одной определенной операции. Такой станок проще *универсального:* вместо 24 скоростей у него одна. Его легче обслуживать, он дешевле, а главное, производительнее.

Специальный станок работает великолепно, но... до поры до времени. Все хорошо, пока завод выпускает машину, на производство которой этот станок рассчитан. Прошло время, получено задание выпускать новую, усовершенствованную машину. Станок необходимо переделывать, а то и заменять. Придется менять станочный парк, а это сложно и дорого!

Получается, что высокопроизводительный специальный станок задерживает технический прогресс. Где же выход? И конструкторы нашли его: надо применять *агрегатные* станки. Принцип построения таких станков — в создании стандартных узлов — *агрегатов*. Из этих узлов и конструируется станок. В случае поломок или перехода на выпуск новой продукции узлы легко заменить.

Теперь познакомимся с главным резервом повышения производительности станков. Это *автоматизация*.

С изобретением суппорта процесс резания был механизирован. Время резания значительно сократилось. Но этого мало: на холостые ходы по-прежнему затрачивалось много времени. Надо было ускорить и эту часть операции. Как это сделать? Хорошо было бы, например, совместить во времени два или несколько холостых ходов. Но человек не может одновременно выполнять несколько работ. И тогда был создан металлорежущий *станок-автомат,* который все рабочие и все холостые ходы выполняет без участия человека, лишь под его контролем. Производительность труда в результате очень возросла.

Достоинства специализированных станков-автоматов велики. Но есть у них и недостатки. И главный из них — «консерватизм»! Ведь такой автомат — тот же специальный станок, и его столь же трудно приспособить для производства новых изделий. Раньше с этим мирились — автоматы вначале устанавливали на автомобильных и тракторных заводах, где не так уж часто меняются выпускаемые машины.

А теперь автоматы работают повсюду, например в авиационной и радиопромышленности, где изделия особенно часто улучшаются, совершенствуются.

Мириться с «консерватизмом» автоматов стало невозможно. Потребовались новые станки, которые при автоматической работе оставались бы универсальными, могли бы обрабатывать любую деталь. Они созданы. Это *станки с программным управлением.*

Польза от станков с программным управлением неоценима. Их легко перестроить при запуске в производство новой детали.

Однако создание автомата, даже самого совершенного, не решает полностью проблему повышения производительности. Ведь хорошая работа автоматов будет почти сведена на нет, если деталь придется вручную перемещать от станка к станку, если она будет подолгу лежать около каждого из них в ожидании обработки и т. д. Следовательно, необходимо автоматизировать и эти работы. Задача была решена: появились станочные *автоматические линии.* Подробно о различных автоматах и автоматизации производства рассказано в разделе «Автоматика».

Новые методы обработки

Обработку металла в современной промышленности принято различать по видам и методам. Наибольшее число видов обработки имеет самый «древний», *механический метод:* точение, сверление, растачивание, фрезерование, шлифование, полирование и т. д. Недостаток механической обработки — большие отходы металла в стружку, опилки, угар. Более экономный метод — штамповка, применяемая в меру развития производства стального листа. Но за последние десятилетия появились новые методы, расширившие возможности металлообработки,— *электрофизические* и *электрохимические.*

В предыдущих статьях вы познакомились со штамповкой и резанием металлов. А теперь мы расскажем вам об электрофизических методах (электроэрозионном, ультразвуковом, световом, электронолучевом) и электрохимических.

Электроэрозионная обработка

Все знают, какое разрушительное действие может произвести атмосферный электрический разряд — молния. Но не каждому известно, что уменьшенные до малых размеров электрические разряды с успехом используются в промышленности. Они помогают создавать из металлических заготовок сложнейшие детали машин и аппаратов.

На многих заводах сейчас работают станки, у которых инструментом служит мягкая латунная проволочка. Эта проволочка легко проникает в толщу заготовок из самых твердых металлов и сплавов, вырезая детали любой, порой прямо-таки причудливой формы. Как же это достигается? Присмотримся к работающему станку. В том месте, где инструмент-проволочка ближе всего расположен к заготовке, мы увидим светящиеся искорки-молнии, которые ударяют в заготовку.

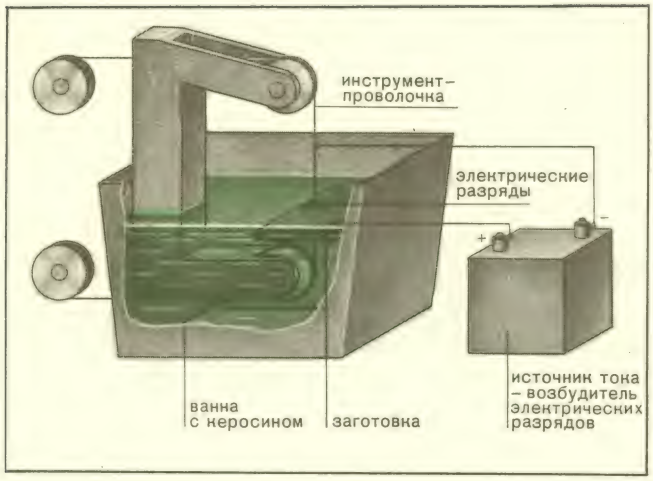
Температура в месте воздействия этих электрических разрядов достигает 5000—10 000° С. Ни один из известных металлов и сплавов не может противостоять таким температурам: они мгновенно плавятся и испаряются. Электрические заряды как бы «разъедают» металл. Поэтому и сам способ обработки получил название *электроэрозионного* (от латинского слова «эрозия» — «разъедание»).

Каждый из возникающих разрядов удаляет маленькую частичку металла, и инструмент постепенно погружается в заготовку, копируя в ней свою форму.

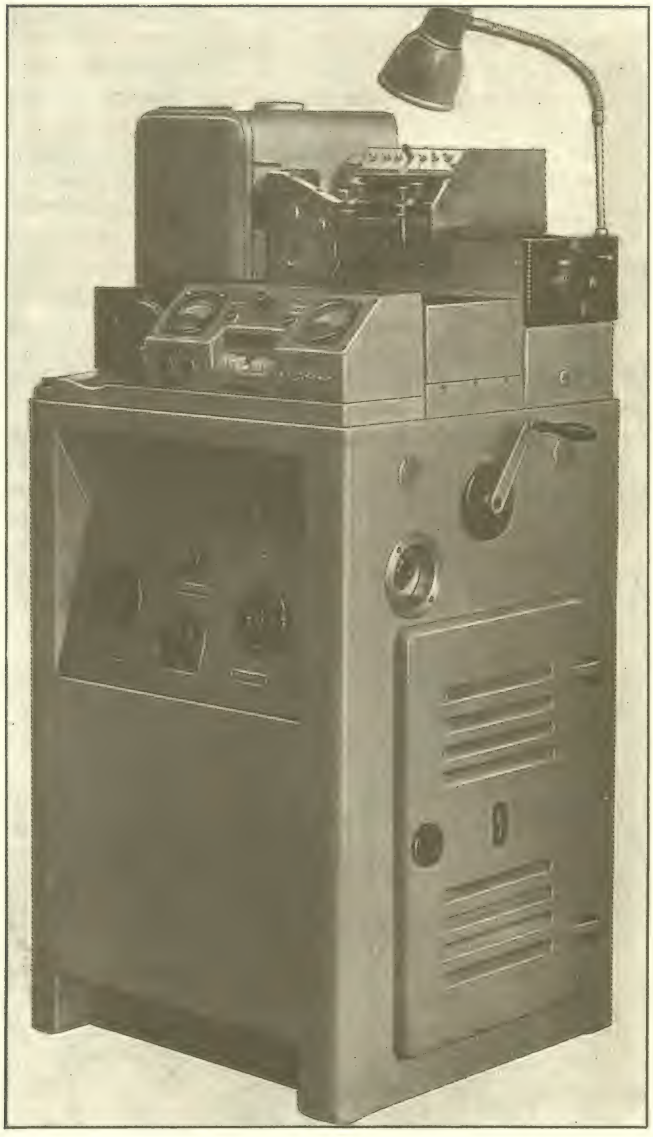
Разряды между заготовкой и инструментом в электроэрозионных станках следуют один за другим с частотой от 50 до сотен тысяч в секунду в зависимости от того, какую скорость обработки и чистоту поверхности мы хотим получить. Уменьшая мощность разрядов и увеличивая частоту их следования, металл удаляют все меньшими частицами; при этом повышается чистота обработки, но уменьшается ее скорость. Действие каждого из разрядов должно быть кратковременным, чтобы испаряющийся металл сразу же охлаждался и не мог соединиться вновь с металлом заготовки.

При электроэрозионной обработке заготовку детали и инструмент из тугоплавкого или хорошо проводящего тепло материала присоединяют к источнику электрического тока. Чтобы действие разрядов тока было кратковременным, их периодически прерывают либо отключением напряжения, либо быстрым

Схема работы электроэрозионного станка для контурного вырезания отверстий сложных профилей. Нужную работу здесь производит электрический разряд, возникающий между инструментом — латунной проволокой и деталью.



Электроэрозионный станок.



перемещением инструмента относительно поверхности обрабатываемой заготовки. Необходимое охлаждение выплавляемого и испаряемого металла, а также его удаление из рабочей зоны достигаются погружением обрабатываемой заготовки в токонепроводящую жидкость — обычно машинное масло, керосин. Отсутствие токопроводимости у жидкости способствует тому, что разряд действует между инструментом и обрабатываемой заготовкой при очень малых расстояниях (10—150 мкм), т. е. только в том месте, к которому подведен инструмент и которое мы хотим подвергнуть действию тока.

Электроэрозионный станок обычно имеет устройства для перемещения инструмента в нужном направлении и источник электрического питания, возбуждающий разряды. В станке имеется также система автоматического слежения за размером промежутка между обрабатываемой заготовкой и инструментом; она сближает инструмент с заготовкой, если этот промежуток чрезмерно велик, или отводит его от заготовки, если он слишком мал.

Как правило, электроэрозионный способ применяют в тех случаях, когда обработка на металлорежущих станках затруднена или невозможна из-за твердости материала или когда сложная форма обрабатываемой детали не позволяет создать достаточно прочный режущий инструмент.

В качестве инструмента может использоваться не только проволочка, но и стержень, диск и др. Так, используя инструмент в виде стержня сложной объемной формы, получают как бы оттиск его в обрабатываемой заготовке. Вращающимся диском прожигают узкие щели и режут прочные металлы.

Существует несколько разновидностей электроэрозионного метода, каждая из которых обладает своими свойствами. Одни разновидности этого метода применяются для прожигания сложнофасонных полостей и вырезания отверстий, другие — для разрезания заготовок из жаропрочных и титановых сплавов и т. д. Перечислим некоторые из них.

При *электроискровой* обработке электрическим способом возбуждаются кратковременные искровые и искро-дуговые разряды температурой до 8000—10 000° С. Электрод-инструмент подключается к отрицательному, а обрабатываемая заготовка — к положительному полюсу источника электрического питания.

Электроимпульсную обработку производят электрические возбуждаемые и прерываемые дуговые разряды температурой до 5000° С. Полярность электрода-инструмента и обрабатываемой детали обратная по отношению к электроискровой обработке.

При *анодно-механической* обработке употребляют электрод-инструмент в виде диска или бесконечной ленты, который быстро перемещается относительно заготовки. При этом методе используют специальную жидкость, из которой на поверхность заготовки выпадает токонепроводящая пленка. Электрод-инструмент процарапывает пленку, и в местах, где на заготовке обнажилась поверхность, возникают разрушающие ее дуговые разряды. Они и производят нужную работу.

Еще более быстрое перемещение электрода, охлаждающее его поверхность и прерывающее дуговые разряды, применено при *электроконтактной* обработке, осуществляемой обычно в воздухе или в воде.

В нашей стране выпускают целый набор электроэрозионных станков для обработки самых различных деталей, начиная с очень маленьких и кончая крупными, массой до нескольких тонн.

Электроэрозионные станки работают сейчас во всех отраслях машиностроения. Так, на автомобильных и тракторных заводах их используют при изготовлении штампов коленчатых валов, шатунов и других деталей, на авиазаводах обрабатывают на электроэрозионных станках лопатки турбореактивных двигателей и детали гидроаппаратуры, на заводах электронных приборов — детали радиоламп и транзисторов, магниты и пресс-формы, на металлургических комбинатах разрезают прутки проката и слитки из особо твердых металлов и сплавов.

Работает ультразвук

Еще сравнительно недавно никто не мог и предположить, что звуком станут измерять глубину моря, сваривать металл, сверлить стекло и дубить кожи. А сейчас звук осваивает все новые и новые профессии.

Что же такое звук и благодаря чему он стал незаменимым помощником человека в ряде важнейших производственных процессов?

Звук — это *упругие волны,* распространяющиеся в виде чередующихся сжатий и разрежений частичек среды (воздуха, воды, твердых тел и т. д.). Измеряется частота звука количеством сжатий и разрежений: каждое сжатие и последующее разрежение образуют одно полное колебание. За единицу частоты звука принято полное колебание, которое совершается в 1 с. Эта единица называется герцем (Гц).

Звуковая волна несет с собой энергию, которая определяется как сила звука и за единицу которой принят 1 Вт/см^2.

Человек воспринимает колебания различной частоты как звуки разной высоты. Низким звукам (бой барабана) соответствуют низкие частоты (100—200 Гц), высоким (свисток) — большие частоты (около 5 кГц, или 5000 Гц). Звуки ниже 30 Гц называются *инфразвуками*, а выше 15—20 кГц — *ультразвуками*. Ультразвуки и инфразвуки человеческое ухо не воспринимает.

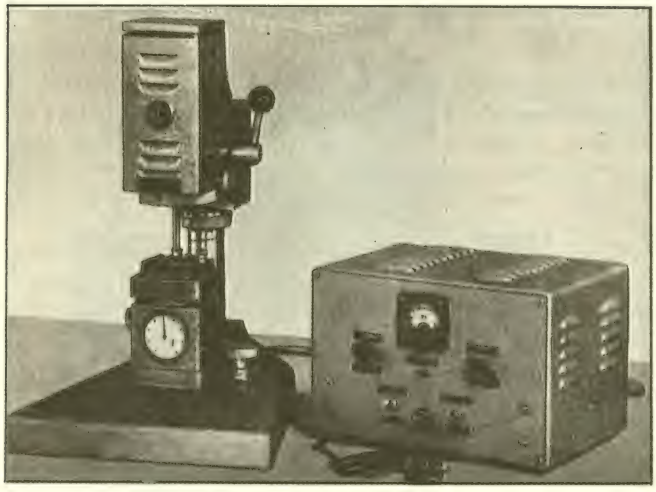
Ухо человека приспособлено к восприятию звуковых волн очень малой силы. Например, раздражающий нас громкий крик имеет интенсивность, измеряемую нановаттами на квадратный сантиметр (нВт/см^2), т. е. миллиардными долями Вт/см^2. Если превратить в тепло энергию от громкого одновременного разговора всех жителей Москвы в течение суток, то ее окажется недостаточно даже для того, чтобы вскипятить ведро воды. Такие слабые звуковые волны нельзя использовать для выполнения каких-либо производственных процессов. Конечно, искусственным путем можно создать звуковые волны во много раз более сильные, но они разрушат орган слуха человека, приведут к глухоте.

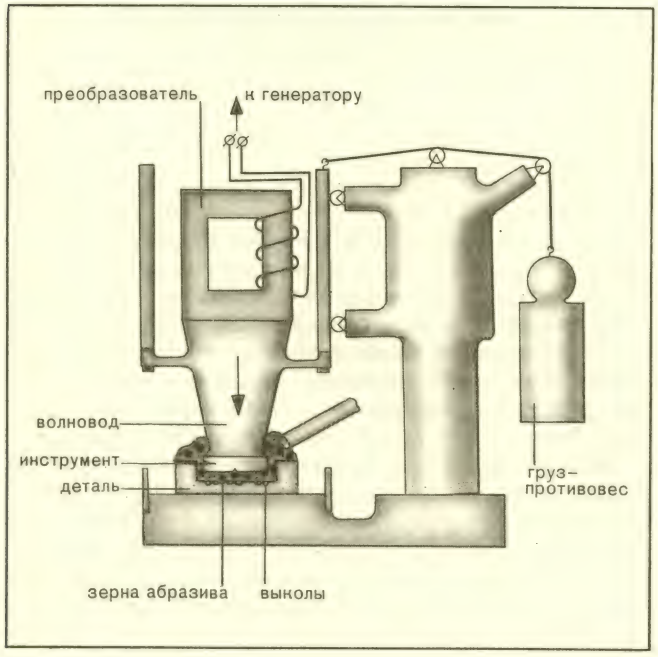
В области инфразвуковых частот, которые не опасны для уха человека, создать мощные колебания искусственным способом очень сложно. Иное дело — ультразвук. Сравнительно просто можно получить от искусственных источников ультразвук интенсивностью в несколько сотен Вт/см^2, т. е. в 10^{12} раз больше допустимой интенсивности звука, и этот ультразвук совершенно безвреден для человека. Поэтому, если говорить точнее, не звук, а ультразвук оказался тем мастером-универсалом, который нашел такое широкое применение в промышленности (см. т. 3 ДЭ, ст. «Звук»).

Здесь мы расскажем только об использовании ультразвуковых колебаний в станках для обработки хрупких и твердых материалов. Как же устроены и работают такие станки?

Сердцем станка является *преобразователь энергии* высокочастотных колебаний электрического тока. Ток поступает на обмотку преобразователя от электронного генератора и превращается в энергию механических (ультразвуковых) колебаний той же частоты. Эти превращения происходят в результате *магнитострикции* — явления, которое заключается в

Ультразвуковой станок.
Внизу: схема процесса ультразвуковой обработки.





том, что ряд материалов (никель, сплав железа с кобальтом и др.) в переменном магнитном поле изменяют свои линейные размеры с той же частотой, с которой изменяется поле.

Таким образом, высокочастотный электрический ток, проходя по обмотке, создает переменное магнитное поле, под воздействием которого колеблется преобразователь. Но получаемые амплитуды колебаний малы по размеру. Чтобы их увеличить и сделать пригодными для полезной работы, во-первых, настраивают всю систему в резонанс (добиваются равенства частоты колебаний электрического тока и собственной частоты колебаний преобразователя), а во-вторых, к преобразователю крепят специальный *концентратор-волновод,* который малые амплитуды колебаний на большей площади превращает в большие амплитуды на меньшей площади.

К торцу волновода присоединяют инструмент такой формы, какой хотят иметь отверстие. Инструмент вместе со всей колебательной системой прижимают с небольшим усилием к материалу, в котором надо получить отверстие, а к месту обработки подводят абразивную суспензию (зерна абразива меньше 100 мкм, смешанные с водой). Эти зерна попадают между инструментом и материалом, и инструмент, как отбойный молоток, вбивает их в материал. Если материал хрупкий, то зерна абразива откалывают от него микрочастицы размером 1—10 мкм. Казалось бы, немного! Но частиц абразива под инструментом сотни, и инструмент наносит 20 000 ударов в 1 с. Поэтому процесс обработки проходит достаточно быстро, и отверстие размером 20—30 мм в стекле толщиной 10—15 мм можно сделать за 1 мин. Ультразвуковой станок позволяет делать отверстия любой формы, причем даже в хрупких материалах, которые трудно обрабатывать.

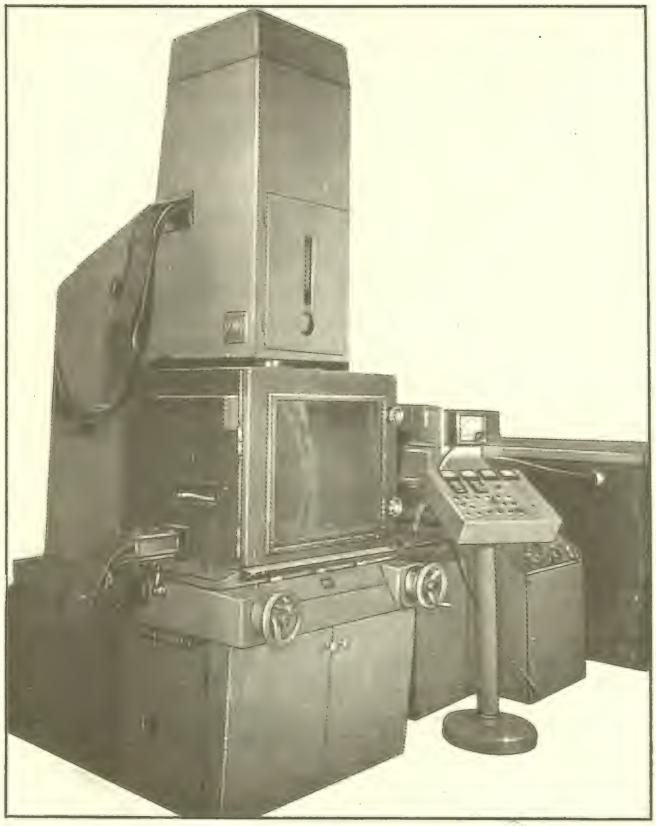
Ультразвуковые станки широко применяются для изготовления твердосплавных матриц штампов, ячеек «памяти» вычислительных машин из феррита, кристаллов кремния и германия к полупроводниковым приборам и т. д.

Сейчас речь шла только об одном из многих случаев применения ультразвука. Однако он используется также для сварки, мойки, очистки, контроля, измерений и отлично выполняет эти свои обязанности. Ультразвук очень чисто «моет» и обезжиривает сложнейшие детали приборов, производит пайку и лужение алюминия и керамики, находит дефекты в металлических деталях, измеряет толщину деталей, определяет скорость течения жидкостей в разных системах и производит еще десятки других работ, которые без него не могут быть выполнены.

Электрохимическая обработка металлов

Если в сосуд с токопроводящей жидкостью ввести твердые проводящие пластинки (электроды) и подать на них напряжение, возникает электрический ток. Такие токопроводящие жидкости называются *проводниками второго рода* или *электролитами.* К их

Электрохимический копировально-прошивочный станок.
Внизу: схема электролиза.



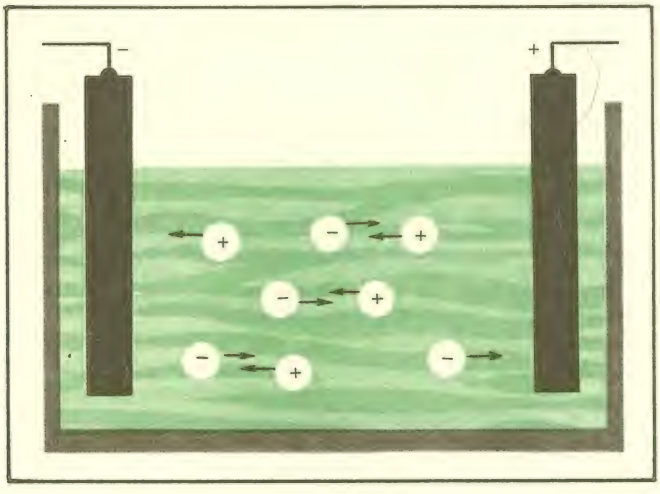
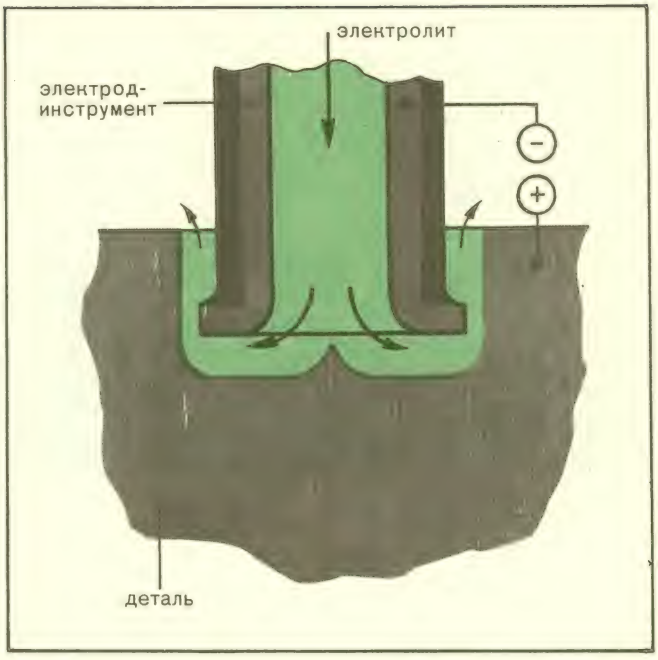


Схема электрохимической обработки отверстий сложных конфигураций в деталях.



числу относятся растворы солей, кислот или щелочей в воде (или в других жидкостях), а также расплавы солей.

Носителями тока в электролитах служат положительные и отрицательные частицы — *ионы*, на которые расщепляются в растворе молекулы растворенного вещества. При этом положительно заряженные ионы движутся к отрицательному электроду — *катоду*, отрицательные — к положительному электроду — *аноду*. В зависимости от химической природы электролита и электродов эти ионы либо выделяются на электродах, либо вступают в реакцию с электродами или растворителем. Продукты реакций либо выделяются на электродах, либо переходят в раствор. Это явление получило название *электролиза*.

Электролиз широко применяется в промышленности для изготовления металлических слепков с рельефных моделей, для нанесения защитных и декоративных покрытий на металлические изделия, для получения из расплавленных руд металлов, для очистки металлов, для получения тяжелой воды, в производстве хлора и др.

Одна из новых областей промышленного применения электролиза — *электрохимическая размерная обработка металлов*. Она основана на принципе растворения металла под действием тока в водных растворах солей.

При электрохимической размерной обработке электроды располагают в электролите на очень близком расстоянии друг от друга (50—500 мкм). Между ними под давлением прокачивают электролит. Благодаря этому металл растворяется чрезвычайно быстро, и если поддерживать постоянным расстояние между электродами, то на заготовке (аноде)

можно получить достаточно точное отображение формы электрода-инструмента (катода).

Таким образом, с помощью электролиза можно сравнительно быстро (быстрее, чем механическим методом) изготавливать детали сложной формы, разрезать заготовки, делать в деталях отверстия или пазы любой формы, затачивать инструмент и т. д.

К преимуществам электрохимического метода обработки следует отнести, во-первых, возможность обрабатывать любые металлы, независимо от их механических свойств, во-вторых, то, что электрод-инструмент (катод) в процессе обработки не изнашивается.

Электрохимическая обработка производится на электрохимических станках. Их основные группы: *универсальные копировально-прошивочные* — для изготовления штампов, пресс-форм и других изделий сложной формы; *специальные* — для обработки лопаток турбин; *заточные* и *шлифовальные* — для заточки инструмента и плоского или профильного шлифования труднообрабатываемых металлов и сплавов.

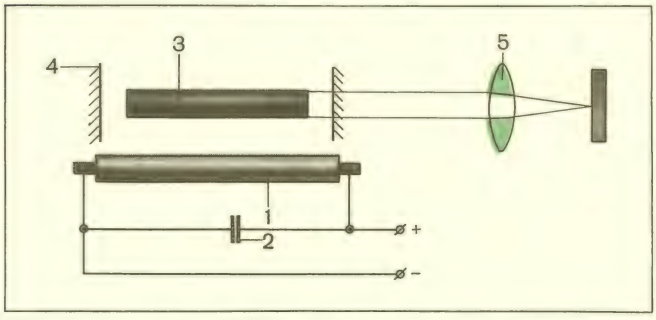
Свет работает (лазер)

Вспомните «Гиперболоид инженера Гарина» А. Н. Толстого. Идеи, еще недавно считавшиеся фантастическими, становятся реальностью. Сегодня световым лучом прожигают отверстия в таких прочных и твердых материалах, как сталь, вольфрам, алмаз, и это уже никого не удивляет.

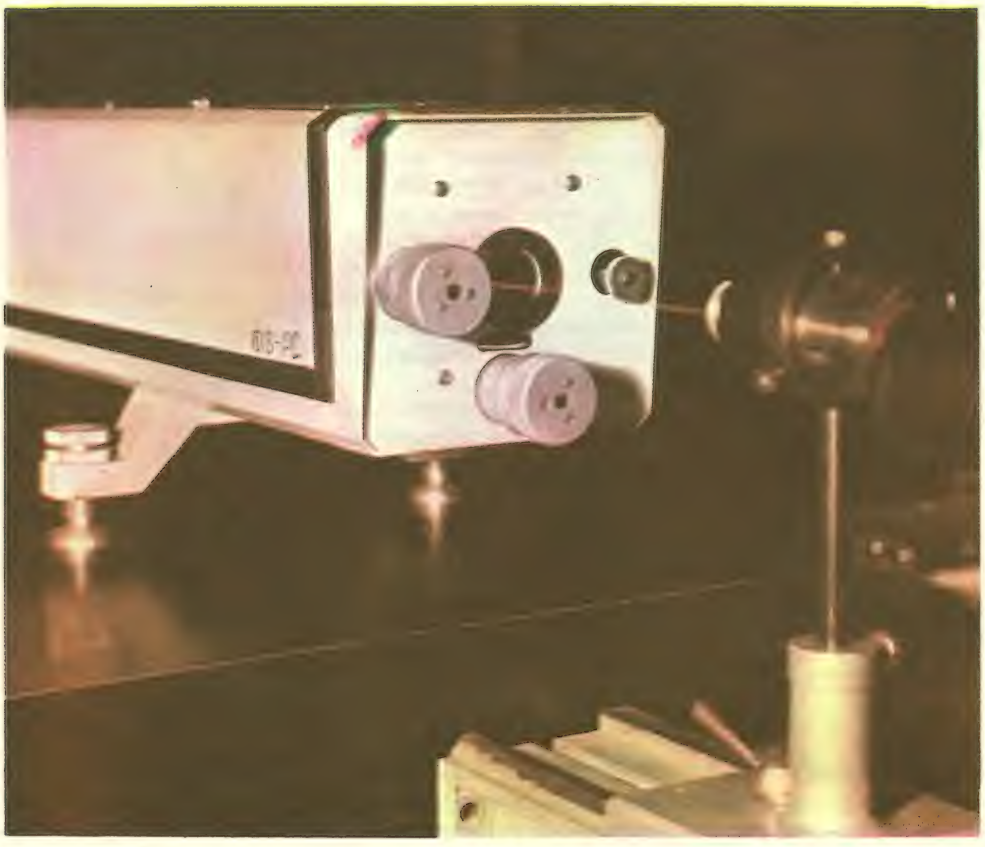
Всем вам приходилось, конечно, ловить солнечные зайчики или фокусировать линзой солнечный свет в маленькое яркое пятно и выжигать им разные рисунки на дереве. А вот на стальном предмете вы не сможете таким образом оставить какой-либо след. Конечно, если бы удалось сконцентрировать солнечный свет в очень маленькую точку, скажем, в несколько микрометров, то тогда удельная мощность (т. е. отношение мощности к площади) была бы достаточной, чтобы расплавить и даже испарить в этой точке любой материал. Но солнечный свет невозможно так сфокусировать.

Чтобы с помощью линзы сфокусировать свет в очень малое пятно и получить при этом большую удельную мощность, он должен обладать минимум тремя свойствами: быть *монохроматическим*, т. е. одноцветным, *распространяться параллельно* (иметь малую расходимость светового потока) и быть достаточно *ярким*.

Светолучевой станок для обработки алмазных фильер. *Внизу:* схема оптического квантового генератора: *1* — импульсная лампа; *2* — конденсатор; *3* — рубин; *4* — параллельные зеркала; *5* — линза.



Линза фокусирует лучи различного цвета на разном расстоянии. Так, лучи синего цвета собираются в фокус дальше, чем красного. Так как солнечный свет состоит из лучей различного цвета, от ультрафиолетового до инфракрасного, то и точно сфокуси-



Газовый лазер, применяемый для резки стекла, тонких пленок и тканей. В ближайшем будущем такие установки будут применяться для раскроя металлических заготовок значительной толщины.

ровать его не удается — фокусное пятно получается размытым, относительно большим. Очевидно, что монохроматический свет дает значительно меньшее по площади фокусное пятно.

Из геометрической оптики известно, что диаметр пятна света в фокусе тем меньше, чем меньше расходимость светового луча, падающего на линзу. Поэтому-то для поставленной нами цели необходимы параллельные лучи света.

И наконец, яркость нужна для того, чтобы создать в фокусе линзы большую удельную мощность.

Ни один из обычных источников света не обладает этими тремя свойствами одновременно. Источники монохроматического света маломощны, а мощные источники света, такие, как, например, электрическая дуга, имеют большую расходимость.

Однако в 1960 г. советские ученые — физики лауреаты Ленинской и Нобелевской премий Н. Г. Басов и А. М. Прохоров одновременно с лауреатом Нобелевской премии американским физиком Ч. Таунсом создали источник света, обладающий всеми необходимыми свойствами. Его назвали *лазер*, сокращенно от первых букв английского определения принципа его работы: light amplification by stimulated emission of radiation, т. е. усиление света с помощью стимулированного излучения. Другое название лазера — *оптический квантовый генератор* (сокращенно ОКГ).

Известно, что всякое вещество состоит из атомов, а сам атом состоит из ядра, окруженного электронами. В обычном состоянии, которое называется *основным*, электроны так расположены вокруг ядра, что их энергия минимальна. Чтобы вывести электроны из основного состояния, необходимо сообщить им извне энергию, например осветить. Поглощение электронами энергии происходит не непрерывно, а отдельными порциями — *квантами* (см. т. 3 ДЭ, ст. «Волны и кванты»). Поглотившие энергию электроны переходят в возбужденное состояние, которое является неустойчивым. Через некоторое время они вновь возвращаются в основное состояние, отдавая поглощенную энергию. Этот процесс происходит не одномоментно. При этом оказалось, что возврат одного электрона в основное состояние и выделение им при этом кванта света ускоряет (стимулирует) возврат в основное состояние других электронов, которые также выделяют кванты, и притом точно такие

же по частоте и длине волны. Таким образом, мы получаем усиленный *монохроматический луч*.

Принцип работы *светолучевого станка* рассмотрим на примере ОКГ из искусственного рубина. Этот рубин получен синтетическим путем из окиси алюминия, в которой небольшое число атомов алюминия замещено атомами хрома.

В качестве внешнего источника энергии применяется *импульсная лампа 1*, подобная той, что используют для вспышки при фотографировании, но значительно более мощная. Источником питания лампы служит *конденсатор 2*. При излучении лампы атомы хрома, находящиеся в *рубине 3*, поглощают кванты света с длинами волн, которые соответствуют зеленой и синей частям видимого спектра, и переходят в возбужденное состояние. Лавинообразный возврат в основное состояние достигается с помощью *параллельных зеркал 4*. Выделившиеся кванты света, соответствующие красной части спектра, многократно отражаются в зеркалах и, проходя через рубин, ускоряют возврат всех возбужденных электронов в основное состояние. Одно из зеркал делается полупрозрачным, и через него луч выводится наружу. Этот луч имеет очень малый угол расхождения, так как состоит из квантов света, многократно отраженных и не испытавших существенного отклонения от оси квантового генератора (см. рис. на стр. 267).

Такой мощный монохроматический луч с малой степенью расходимости фокусируется *линзой 5* на обрабатываемую поверхность и дает чрезвычайно маленькое пятно (диаметром до 5—10 мкм). Благодаря этому достигается колоссальная удельная мощность, порядка 10^{12}—10^{16} Вт/см^2. Это в сотни миллионов раз превышает мощность, которую можно получить при фокусировании солнечного света.

Такой удельной мощности достаточно, чтобы в зоне фокусного пятна в тысячные доли секунды испарить даже такой тугоплавкий металл, как вольфрам, и прожечь в нем отверстие.

Сейчас светолучевые станки широко применяются в промышленности для получения отверстий в часовых камнях из рубина, алмазах и твердых сплавах, в диафрагмах из тугоплавких труднообрабатываемых металлов. Новые станки позволили в десятки раз повысить производительность, улучшить условия труда и в ряде случаев изготавливать такие детали, которые другими методами получить невозможно.

Лазер не только производит размерную обработку микроотверстий. Уже созданы и успешно работают светолучевые установки для резания изделий из стекла, для микросварки миниатюрных деталей и полупроводниковых приборов и др.

Лазерная технология, в сущности, только появилась и на наших глазах становится самостоятельной отраслью техники. Можно не сомневаться, что с помощью человека лазер в ближайшие годы «освоит» десятки новых полезных профессий и станет трудиться в цехах заводов, лабораториях и на стройках наравне с резцом и сверлом, электрическими дугой и разрядом, ультразвуком и электронным лучом.

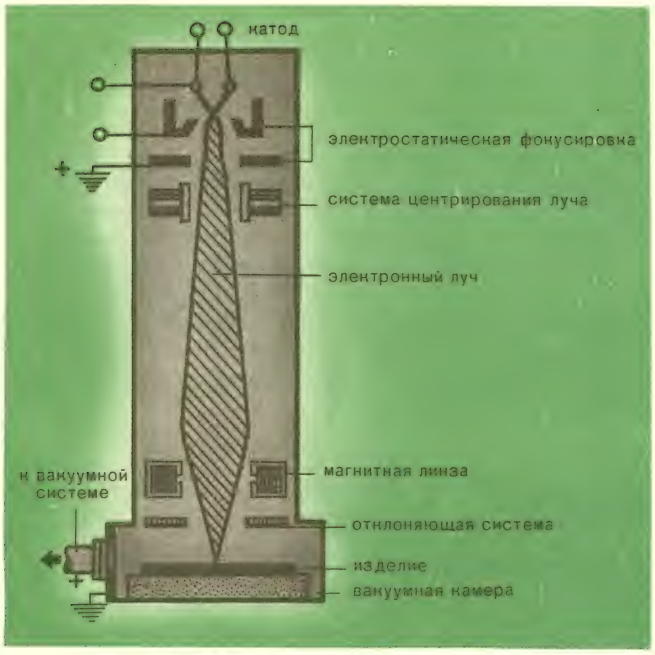
Электроннолучевая обработка

Задумаемся над проблемой: каким образом крохотный участок поверхности — квадратик со стороной 10 мм — из весьма твердого материала разрезать на 1500 частей? С такой задачей повседневно встречаются те, кто занят изготовлением полупроводниковых приборов — микродиодов.

Эта задача может быть решена с помощью *электронного луча* — ускоренных до больших энергий и сфокусированных в остронаправленный поток электронов.

Обработка материалов (сварка, резание и т. п.) пучком электронов совсем новая область техники. Она родилась в 50-х годах нашего века. Возникновение новых методов обработки, разумеется, не случайно. В современной технике приходится иметь дело с очень твердыми, труднообрабатываемыми материалами. В электронной технике, например, применяются пластинки из чистого вольфрама, в которых необходимо просверлить сотни микроскопических отверстий диаметром в несколько десятков микрометров. Искусственные волокна изготовляют с помощью фильер, которые имеют отверстия сложного профиля и столь малые, что волокна, протягиваемые через них, получаются значительно тоньше человеческого волоса. Электронной промышленности нужны керамические пластинки толщиной 0,25 мм. На них должны быть сделаны прорези шириной 0,13 мм, при расстоянии между их осями 0,25 мм.

Старой технологии обработки такие задачи не по плечу. Поэтому ученые и инженеры обратились к электронам и заставили их выполнять технологические операции резания, сверления, фрезерования, сварки, выплавки и очистки металлов. Оказалось, что электронный луч обладает заманчивыми для технологии свойствами. Попадая на обрабатываемый материал, он в месте воздействия способен нагреть



Электронный луч способен прорезать даже в самом твердом металле тончайшее отверстие. *На рисунке:* **схема электронной пушки.**

его до 6000° С (температура поверхности Солнца) и почти мгновенно испарить, образовав в материале отверстие или углубление. В то же время современная техника позволяет довольно легко, просто и в широких пределах регулировать энергию электронов, а следовательно, и температуру нагрева металла. Поэтому поток электронов может быть использован для процессов, которые требуют различных мощностей и протекают при самых разных температурах, например для плавки и очистки, для сварки и резания металлов и т. п.

Чрезвычайно ценно также, что действие электронного луча не сопровождается ударными нагрузками на изделие. Особенно это важно при обработке хрупких материалов, таких, как стекло, кварц. Скорость обработки на электроннолучевых установках микроотверстий и очень узких щелей существенно выше, чем на обычных станках.

Установки для обработки электронным лучом — это сложные устройства, основанные на достижениях современной электроники, электротехники и автоматики. Основная их часть — *электронная пушка,* генерирующая пучок электронов. Электроны, вылетающие с подогретого катода, остро фокусируются и ускоряются специальными электростатическими и магнитными устройствами. Благодаря им электронный луч может быть сфокусирован на площадке диаметром менее 1 мкм. Точная фокусировка позволяет достигать и огромной концентрации энергии электронов, благодаря чему можно получить поверхностную плотность излучения порядка 15 МВт/мм^2. Обработка ведется в высоком вакууме (остаточное давление примерно равно 7 МПа). Это необходимо, чтобы создать для электронов условия свободного, без помех, пробега от катода до заготовки. Поэтому установка снабжена *вакуумной камерой* и *вакуумной системой.*

Обрабатываемое изделие устанавливают на столе, который может двигаться по горизонтали и вертикали. Луч благодаря специальному отклоняющему устройству также может перемещаться на небольшие расстояния (3—5 мм). Когда отклоняющее устройство отключено и стол неподвижен, электронный луч может просверлить в изделии отверстие диаметром 5—10 мкм. Если включить отклоняющее устройство (оставив стол неподвижным), то луч, перемещаясь, будет действовать как фреза и сможет прожигать небольшие пазы различной конфигурации. Когда же нужно «отфрезеровать» более длинные пазы, то перемещают стол, оставляя луч неподвижным.

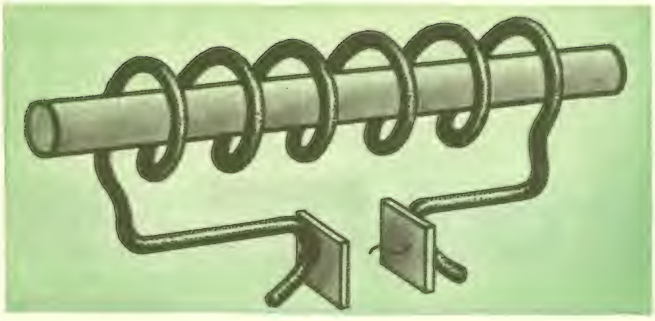
Интересна обработка материалов электронным лучом с помощью так называемых *масок.* В установке на подвижном столике располагают маску. Тень от нее в уменьшенном масштабе проектируется формирующей линзой на деталь, и электронный луч обрабатывает поверхность, ограниченную контурами маски.

Контролируют ход электронной обработки обычно с помощью *оптического микроскопа.* Он позволяет точно установить луч до начала обработки, например резания по заданному контуру и наблюдать за процессом. Электроннолучевые установки часто оснащаются *программирующим устройством,* которое автоматически задает темп и последовательность операций.

Обработка токами высокой частоты

Если тигель с помещенным в нем куском металла обмотать несколькими витками провода и пустить по этому проводу (*индуктору*) переменный ток высокой частоты, то металл в тигле начнет нагреваться и через некоторое время расплавится. Такова принципиальная схема применения токов высокой частоты (ТВЧ) для нагрева. Но что при этом происходит?

Например, разогреваемое вещество — проводник. Переменное магнитное поле, которое появляется при прохождении переменного тока по виткам индуктора, заставляет электроны свободно двигаться, т. е. порождает вихревые индукционные токи. Они и разогревают кусок металла. Диэлектрик же разогревается за счет того, что магнитное поле колеблет в нем



Принципиальная схема действия установки для нагрева изделий токами высокой частоты.

ионы и молекулы, «раскачивает» их. А ведь вы знаете, что чем быстрее движутся частицы вещества, тем выше его температура.

Для высокочастотного нагрева сейчас наиболее широко применяются токи с частотой от 1500 Гц до 3 ГГц и выше. При этом нагревательные установки, использующие ТВЧ, нередко имеют мощность в сотни и тысячи киловатт. Их конструкция зависит от размеров и формы нагреваемых объектов, от их электрического сопротивления, от того, какой нагрев требуется — сплошной или частичный, глубокий или поверхностный, и от других факторов.

Чем больше размеры нагреваемого объекта и чем выше электрическая проводимость материала, тем более низкие частоты можно применять для нагрева. И наоборот, чем меньше электрическая проводимость, чем меньше габариты нагреваемых деталей, тем более высокие частоты необходимы.

Какие же технологические операции в современной промышленности осуществляются с помощью ТВЧ?

Прежде всего, как мы уже говорили, *плавка*. Высокочастотные плавильные печи сейчас работают на многих предприятиях. В них выплавляют высококачественные сорта стали, магнитные и жаростойкие сплавы. Часто плавка производится в разреженном пространстве — в глубоком вакууме. При вакуумной плавке получаются металлы и сплавы наивысшей чистоты.

Вторая важнейшая «профессия» ТВЧ — *закаливание* металла (см. ст. «Защита металла»).

Многие важные детали автомобилей, тракторов, металлорежущих станков и других машин и механизмов теперь закаливаются токами высокой частоты.

Нагрев ТВЧ позволяет получить высококачественную *скоростную пайку* различными припоями.

ТВЧ нагревают стальные заготовки *для обработки их давлением* (для штамповки, ковки, накатки). При нагреве ТВЧ не образуется окалины. Это экономит металл, увеличивает срок службы штампов, улучшает качество поковок. Облегчается и оздоровляется труд рабочих.

До сих пор мы говорили о ТВЧ в связи с обработкой металлов. Но этим не ограничивается круг их «деятельности».

Очень широко применяются ТВЧ и для обработки таких важных материалов, как пластмассы. На заводах пластмассовых изделий в установках ТВЧ нагревают заготовки перед прессованием. Хорошо помогает нагрев ТВЧ при склеивании. Многослойные небьющиеся стекла с пластмассовыми прокладками между слоями стекла изготавливают при нагреве ТВЧ в прессах. Так же, кстати, нагревают древесину при изготовлении древесностружечных плит, некоторые сорта фанеры и фасонные изделия из нее. А для сварки швов в изделиях из тонких листов пластмасс применяют специальные машины ТВЧ, напоминающие швейные. Этим способом изготавливают чехлы, футляры, коробки, трубы.

Последние годы все шире применяется нагрев ТВЧ в стекольном производстве — для сварки различных стеклянных изделий (труб, пустотелых блоков) и при варке стекла.

Нагрев ТВЧ имеет большие преимущества перед другими методами нагрева еще и потому, что в ряде случаев основанный на нем технологический процесс лучше поддается автоматизации.

Как сваривают металлы

Самый древний и самый современный способ

Сварка металлов очень древний и в то же время современный, беспрерывно совершенствующийся и развивающийся технологический процесс. Некоторые виды сварки были известны человечеству более 5000 лет назад. Другие еще находятся на стадии лабораторных исследований и поиска.

Сварка применяется для возведения новых конструкций, для ремонта машин и аппаратов, восстановления разрушенных сооружений. Можно продлить срок службы сработавшихся деталей и узлов, нанеся *(наплавив)* на их поверхность новый слой металла. Сварные конструкции несут свою службу при сверхвысоких и сверхнизких температурах, при

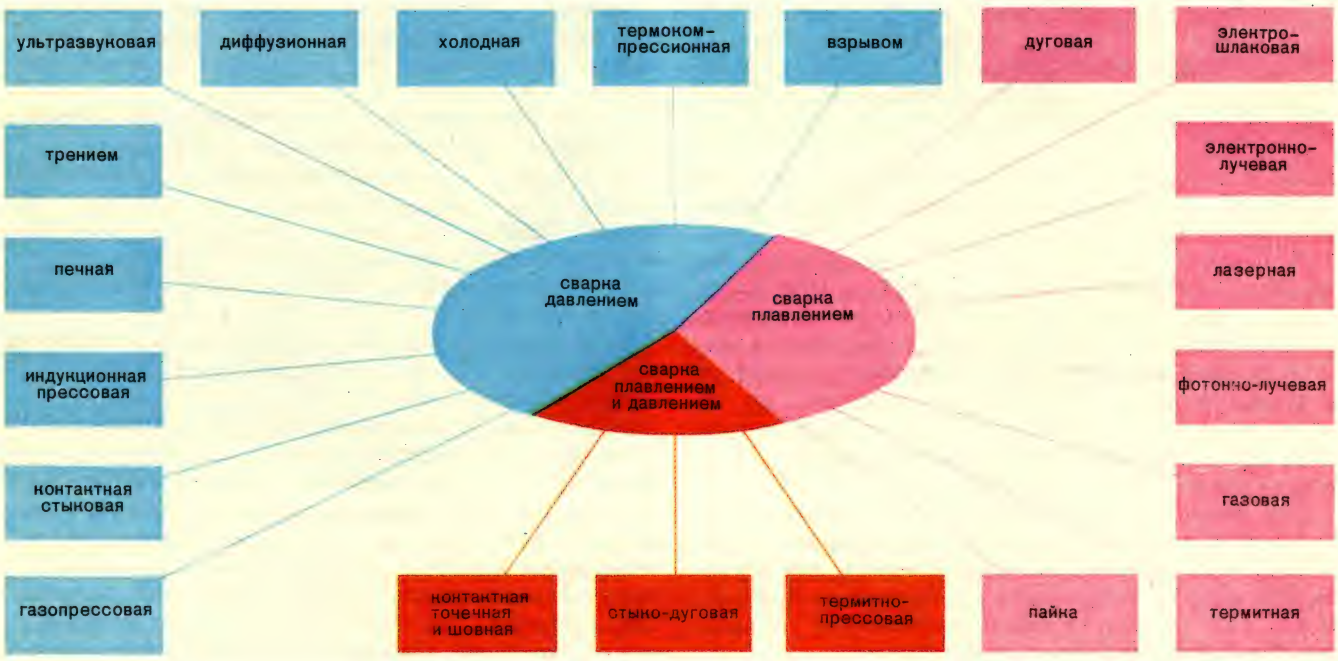


Рис. 1. В промышленности и строительстве применяют более 80 методов сварки. На схеме приведены наиболее употребляемые из них. Они объединены по группам.

давлении, во много раз превосходящем атмосферное.

Сваривать можно не только металлы, но и пластмассы, стекло, некоторые виды керамики и другие материалы. Сварку можно вести на воздухе, под водой и в вакууме, в знойных песках Сахары и во льдах Арктики.

16 октября 1969 г. летчики-космонавты СССР Т. С. Шонин и В. Н. Кубасов на борту космического корабля «Союз-6» впервые в мире осуществили сварку в условиях космического вакуума и невесомости.

В своем победном шествии сварка теснит другие исконные способы *неразъемного соединения* металлов: клепку, литье, ковку, а иногда и штамповку (см. статьи «Ковка — штамповка», «Металл и форма», «Узлы и детали машин»). Часто сварка вступает в творческое содружество со своими конкурентами. В результате создаются *сварно-литые, сварно-кованые* и *сварно-штампованные изделия*.

Развитие сварки обусловлено тем, что она увеличивает прочность и долговечность конструкций, экономит металл, снижает стоимость и сроки работ.

В зависимости от взаимного расположения скрепляемых деталей сварное соединение может быть *стыковым, нахлесточным, тавровым* и *угловым*. Шов в стыковом соединении называют *стыковым*, в остальных — *угловым*. Хорошо выполненное сварное соединение не уступает по прочности основному металлу. Разрушаются сварные детали, как правило, вне шва.

Что такое сварка

Монолитность — сплошность сварного соединения обеспечивается за счет молекулярного взаимодействия поверхностных слоев соединяемых металлов. Чтобы соединить разрозненные элементы в одно целое, нужно сблизить их поверхности между собой так, чтобы могли проявиться силы сцепления между молекулами, расположенными в пограничном слое тела и обладающими, как известно, свободными связями. Это возможно при расстоянии между поверхностями не более 0,4 нанометра (1 нм $= 10^{-9}$ м). Осуществить такое сближение твердых тел — сложная задача. Даже при самой тщательной обработке поверхностей на них остаются неровности. Из-за этого соприкосновение поверхностей возможно только в отдельных точках, что мешает получить прочное соединение. Кроме того, молекулы, расположенные в пограничном участке, улавливают посторонние частицы окружающей среды. В результате этого образуются окисные и органические пленки и слой абсорбированных газов. Все эти вещества прочной броней покрывают поверхность твердого тела, притупляя — *деактивируя* — свободные силы сцепления. Все сварочные процессы преследуют одну цель — устранить неровности поверхности в месте сварки и удалить

покрывающие ее загрязнения. Этим восстанавливаются силы сцепления пограничных молекул, и между ними по всей площади устанавливается физический контакт.

В зависимости от метода получения сварного соединения различают такие основные группы сварочных процессов: *сварка плавлением, сварка давлением, сварка плавлением и давлением* (рис. 1).

По виду энергии, потребляемой для создания сварного соединения, различают *электрическую, химическую* и *механическую сварки*.

Сварка плавлением

При сварке плавлением детали устанавливают впритык друг к другу или с некоторым зазором между ними. Специальный источник теплоты нагревает и расплавляет кромки соединяемых деталей на небольшом участке. Иногда расплавляются и кромки соединяемых деталей, и вводимый извне дополнительный металл. В первом случае шов образуется только за счет металла, из которого изготовлены детали,— *основного металла*, во втором — за счет основного и *дополнительного металлов*. Пока преимущественно применяется второй вариант. Расплавленный металл соединяемых деталей и дополнительный металл самопроизвольно, без всякого на них давления, сливаются в общую так называемую *сварочную ванну*. В процессе расплавления разрушаются загрязнения на поверхности, атомы сближаются, появляются атомно-молекулярные связи между элементарными частицами. По мере перемещения источника теплоты вдоль свариваемого изделия сварочная ванна затвердевает, образуя кристаллы — упорядоченную систему атомов и молекул. Закристаллизовавшийся металл — *шов* — соединяет детали в единое целое.

Металл шва и зона, расположенная рядом со швом *(околошовная зона)*, по своему строению, а металл шва и по составу отличаются от основного металла. Но это не сказывается на работоспособности конструкции.

Нагрев и расплавление металла при сварке плавлением осуществляются концентрированными источниками теплоты — с температурой не менее 2000° С. Из многочисленных разновидностей сварки плавлением наиболее широко применяются пока *электродуговая, электрошлаковая, газовая* и *электроннолучевая*.

Дуговая сварка

Дуговая сварка металлов была осуществлена в конце прошлого столетия русскими изобретателями Н. Н. Бенардосом и Н. Г. Славяновым, а затем усовершенствована отечественными и зарубежными учеными В. П. Вологдиным, Е. О. Патоном, О. Кельбергом, А. Портавеном и другими. Создание электрической дуговой сварки стало одним из выдающихся открытий XIX в. Но промышленное применение дуговой сварки началось только в 20-х годах нашего столетия.

Для нагрева и расплавления металла при этом способе используется теплота, выделяемая при электрическом разряде в газах, именуемом *вольтовой* или *сварочной дугой*. Сварочная дуга характеризуется высокой температурой (6000—30 000° С) и током большой силы в зоне разряда. При сварке электрический разряд в большинстве случаев возникает между свариваемой деталью, подключенной к одному из полюсов источника питания постоянного или переменного тока, и специальным стержнем — *электродом*, подсоединенным ко второму полюсу того же источника. Дуга зажигается, если к электродам приложено напряжение, достаточное для ионизации находящихся между ними газов. Сила тока дуги в зависимости от вида и режима сварки может изменяться от 0,1 до 2000 А. Электрод бывает *неплавящимся* (угольный, графитовый, вольфрамовый) или *плавящимся* — металлическим. Это в большинстве случаев специальная сварочная — электродная — проволока диаметром от 0,8 до 8 мм. Расплавляясь, материал такого электрода участвует в образовании шва.

Во время сварки жидкий металл энергично взаимодействует с азотом и кислородом воздуха, что снижает прочность шва и приводит к образованию дефектов. Чтобы изолировать зону сварки от окружающего воздуха, а иногда и для того, чтобы ввести в шов элементы, улучшающие его качество, на поверхность металлического стержня наносят специальные вещества (рис. 2) или запрессовывают их в порошкообразном состоянии внутрь полого стержня.

Для защиты зоны сварки от окружающего воздуха широко используют инертные и активные газы и их смеси (рис. 3).

Для этой же цели вокруг электрода плотным слоем насыпают зернистый материал — *флюс* (рис. 4). Расплавляясь в процессе сварки, флюс или специальные вещества создают газовую и шлаковую пелену, надежно изолирующую область дуги от окружающего воздуха.

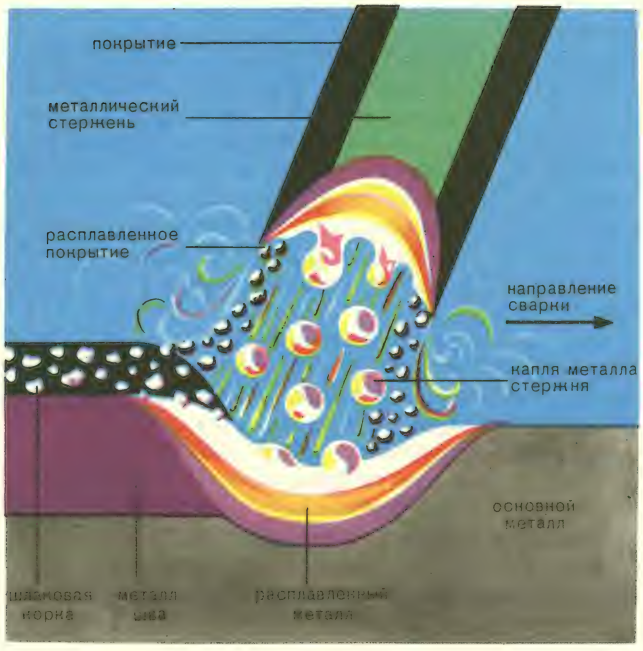
Первоначально дуговая сварка была применена как ручной процесс. Но пытливая мысль ученых и

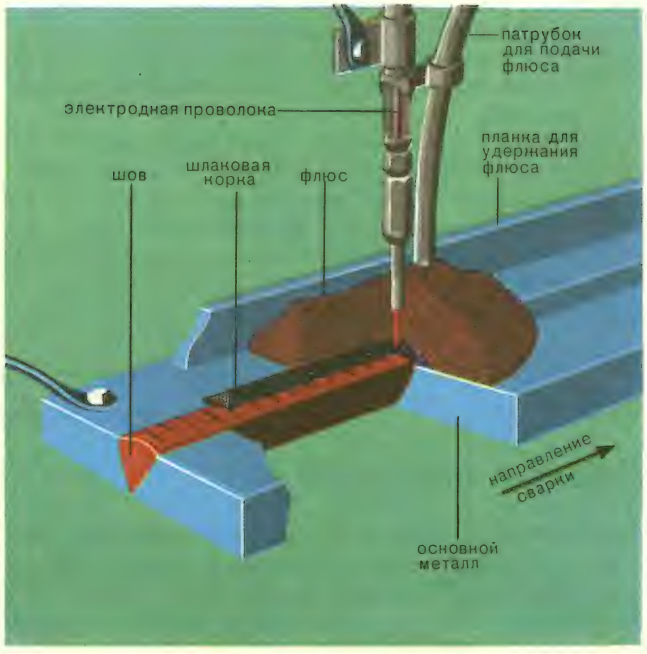
Рис. 2. При сварке покрытыми электродами покрытие расплавляется и образующиеся шлак и газы защищают расплавленный металл от воздуха.

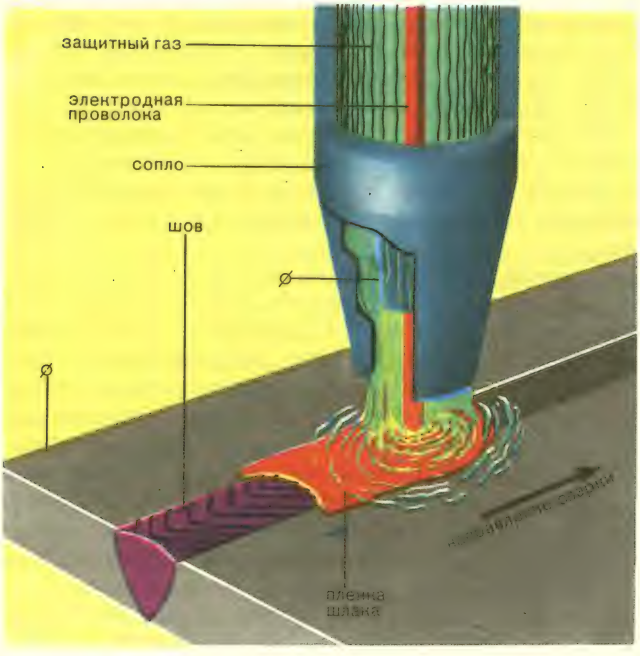
Рис. 3 *(внизу)*. При сварке в защитных газах струя газа через сопло непрерывно подается в зону дуги. Газы изолируют расплавленный металл.

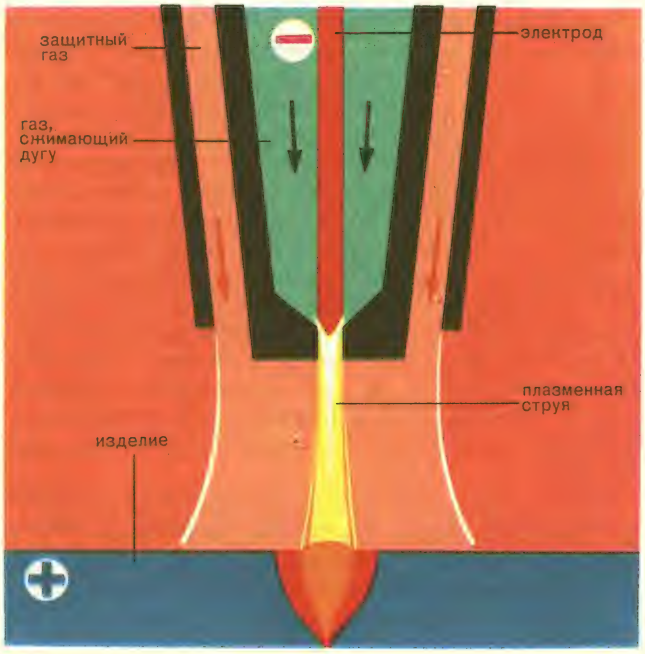
Рис. 4. При сварке под флюсом зона дуги изолирована от воздуха толстым слоем сыпучего материала — флюса.

Рис. 5 *(внизу)*. Для формирования сжатой дуги применяют специальные устройства — плазмотроны. Плазменной струей сваривают стекло, керамику и др.









изобретателей упорно работала над проблемой механизации сварочных операций. Особые заслуги в механизации сварки в нашей стране принадлежат академику Е. О. Патону, под его руководством разработаны разнообразные методы автоматической сварки.

При *ручной сварке* электрод закреплен в специальном приспособлении — держателе, который находится в руке сварщика. Глаза и лицо сварщика надежно защищены специальным шлемом со светофильтром.

Рис. 6. Электрошлаковой сваркой можно соединять металл любой толщины. Шлаковая ванна служит источником теплоты. Образуется она при расплавлении флюса, подаваемого в зону сварки.

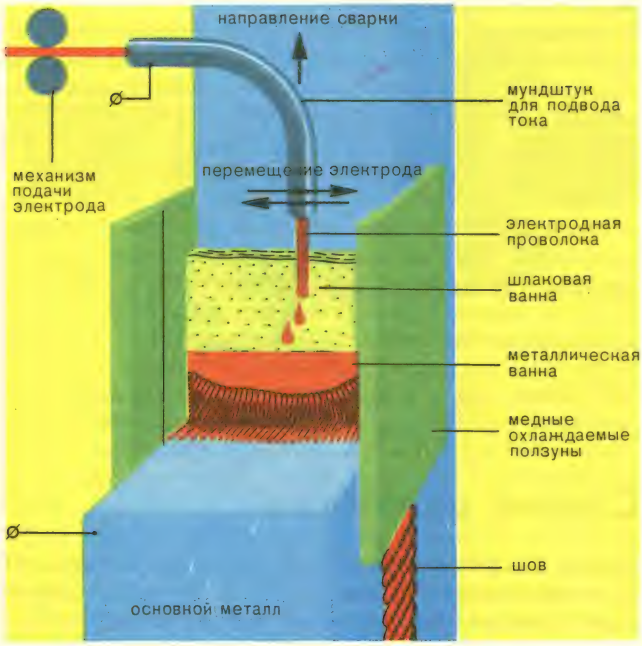
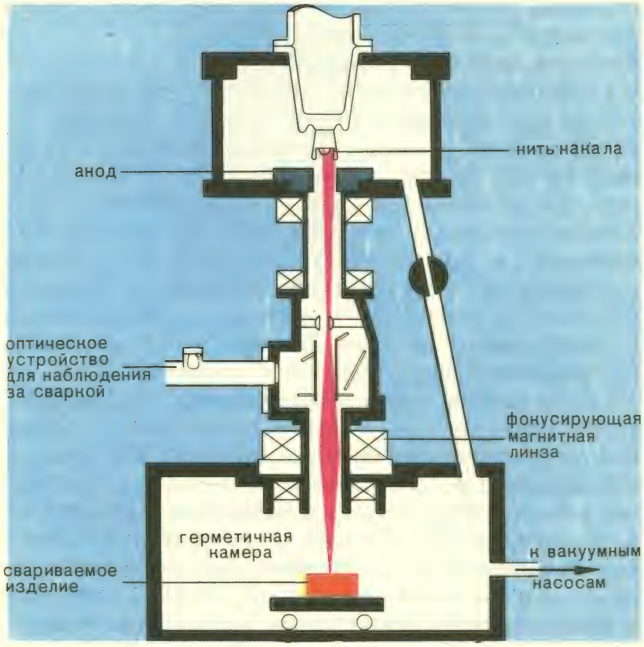


Рис. 7 *(внизу)*. Сварочный трактор для автоматической сварки под флюсом.

При *полуавтоматической сварке* подача плавящегося электрода механизирована. Остальные операции рабочий выполняет вручную. Полуавтоматическая сварка ведется обычно в защитных газах.

При *автоматической сварке* все основные операции выполняют специальные машины — *сварочный трактор, самоходная головка* и др. Такая сварка в большинстве случаев ведется под флюсом (рис. 4). Слой флюса полностью закрывает ореол дуги, и о том, как идет процесс, можно судить только по показаниям приборов и по легкому характерному потрескиванию дуги. Часть флюса расплавляется, покрывая шов плотной коркой, которую легко удаляют после сварки. Сварщик работает без шлема. Руки его свободны (рис. 7). При автоматической сварке под флюсом достигается высокая производительность труда и стабильное качество шва.

Рис. 8. Электроннолучевая сварка ведется в условиях вакуума, необходимого для свободного движения электронов и чистоты металла шва. Электронный луч глубоко проплавляет металл.



Боевое крещение автоматическая сварка получила в годы Великой Отечественной войны. Изо дня в день, из месяца в месяц покрытая слоем флюса дуга «сшивала» корпуса танков, бомб, боевых кораблей. Если бы удалось вытянуть в одну линию все швы, сваренные на корпусах танков Т-34 только на одном заводе, то блестящая гладкая полоса протянулась бы от Уральских гор до Бранденбургских ворот в Берлине.

Для соединения тонкого металла различных марок стыковым швом применяется одна из разновидностей дуговой сварки: сварка сжатой — *плазменной* — дугой. Плазма — это высокоионизированный газ, способный проводить электрический ток. Проходя через узкий канал специального устройства — *плазмотрона,* столб дуги как бы сжимается аргоном, азотом, водородом или другим газом, и формируется плазменная струя (рис. 5). Температура ее равна 15 000—30 000 °С.

Газовая сварка

Нагрев и расплавление металла при *газовой сварке* достигаются от сгорания горючих газов в чистом кислороде. В основном применяется ацетилен. Сгорая в сварочной горелке, он дает температуру пламени до 3200° С.

Газовой сваркой можно вручную соединять металл толщиной до 6 мм. Сейчас газовая сварка применяется главным образом в кустарных мастерских и на небольших ремонтных предприятиях — ее на-

стойчиво вытесняют другие, более быстрые и технологически удобные процессы.

Электрошлаковая сварка

Выдающееся достижение отечественной сварочной техники — *электрошлаковая сварка* — новый вид электрической сварки плавлением (рис. 6). Для нагрева и плавления металла здесь используется теплота, выделяемая при прохождении тока через расплавленный шлак. Ванна расплавленного шлака заключена в пространстве, образуемом кромками свариваемых деталей и охлаждаемыми медными пластинами — *ползунами*, которые плотно прижаты к соединяемым деталям. Теплота шлаковой ванны расплавляет кромки деталей и дополнительный металл (сварочную проволоку, пластины, стержни), который подается в зону сварки специальной установкой, передвигающейся вдоль изделия. Расплавленные основной и дополнительный металлы заполняют зазор между соединяемыми элементами, образуя общую *металлическую ванну. Шлаковая ванна*, которая находится над металлической, надежно защищает расплав от окружающего воздуха. По мере передвижения источника теплоты металлическая ванна кристаллизуется, образуя шов. Процесс ведется при вертикальном положении свариваемых элементов за один проход. Можно сваривать металл практически неограниченной толщины. Энергию, необходимую для образования и поддержания шлаковой ванны, дают специальные трансформаторы или генераторы.

Электроннолучевая сварка

В последние годы широко применяется *электроннолучевая сварка* (рис. 8). При этом процессе для нагрева и расплавления металла используют энергию быстродвижущихся электронов, сконцентрированных в мощный луч при помощи электронной пушки (см. ст. «Электроннолучевая обработка»). При соприкосновении электронного луча с основным металлом электроны, движущиеся со скоростью, соизмеримой со скоростью света, «прошивают» его на большую глубину, тормозятся и отдают свою кинетическую энергию в виде теплоты. Сварка, как правило, проводится в специальных камерах, где создается и поддерживается разрежение — вакуум с остаточным давлением 10 мПа ($\approx 10^{-4}$ мм рт. ст.).

Пока этим методом сваривают в основном тугоплавкие и химически активные металлы или металлы и сплавы, которые нельзя соединить другим, более простым и дешевым способом. Для сварки крупных деталей сооружают вакуумные боксы большого объема. Уже работают опытные установки, концентрирующие электронный луч, который может вырываться из камеры и сваривать металл на открытом воздухе (правда, еще на небольшом расстоянии).

Атомно-лучевая сварка

Разновидность электроннолучевой сварки — *атомно-лучевая сварка*. Аппаратура для ее выполнения не отличается от аппаратуры для электроннолучевой сварки. Вместо пучка электронов носителями энергии служат атомы некоторых металлов, которые одновременно служат в качестве дополнительного металла.

К сварке плавлением относится и *пайка*. При этом процессе до расплавления доводится только легкоплавкий присадочный металл, имеющий химический состав и температуру плавления иные, чем металл соединяемых деталей.

Сварка давлением

Сварка давлением происходит без нагрева, только за счет совместного сдавливания и пластической деформации соприкасающихся плоскостей металла. При этом металл остается в твердом состоянии. Иногда металл предварительно нагревают и затем воздействуют на размягченный, снизивший прочность металл. Этим методом пользовались в старину кузнецы, соединяя отдельные части при изготовлении мечей, плугов и т. д. Температура подогрева в этих случаях должна быть ниже точки плавления свариваемого металла. Иногда металл по кромкам расплавляют, чтобы ускорить нагрев и оплавить выступы. Однако расплавленный металл не участвует в образовании шва. В процессе сварки давлением разрушается пленка, покрывающая сопрягаемые поверхности. Происходит схватывание металла.

Сварка давлением имеет много разновидностей. Наибольшее промышленное значение получили холодная сварка, контактная шовно-стыковая сварка и сварка трением.

Холодная сварка

Холодная сварка производится без нагрева деталей. Этим способом соединяют металлы, обладающие небольшой прочностью: медные и алюминиевые кабели, детали из других цветных металлов. Проволока, плоские детали прямоугольного и сложного профилей также успешно свариваются холодным способом. Перед холодной сваркой нужно очень тщательно очистить соединяемые поверхности.

Контактная шовно-стыковая сварка

Для сварки тонкостенных труб широко применяется электрическая *контактная шовно-стыковая сварка*. При этом процессе специальное устройство фор-

Рис. 9. Для сварки тонкостенных труб применяется шовно-стыковая сварка. Нагрев кромки перед сдавливанием осуществляется контактным способом или токами высокой частоты. С помощью шовно-стыковой сварки получают трубы, непроницаемые для жидкости и газа.

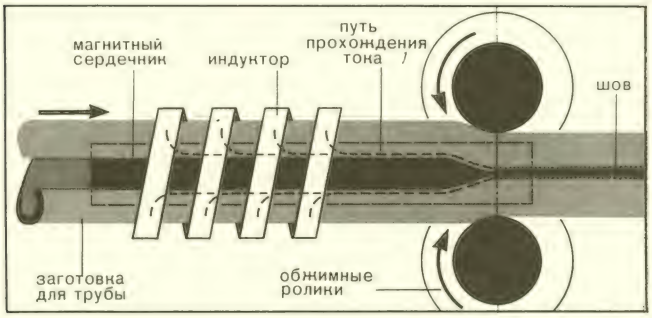
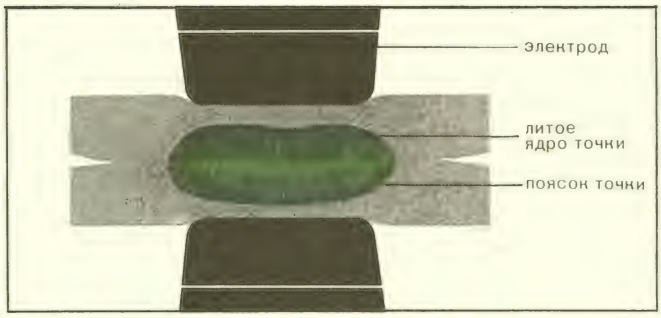


Рис. 10. Контактной точечной сваркой соединяют металл небольшой толщины. Она широко применяется при изготовлении автомобилей, самолетов и сельскохозяйственных машин. Точка состоит из литого ядра и зоны, расположенной вокруг ядра точки.



мирует металлическую ленту в трубную заготовку и сближает кромки в месте будущего стыка. Кромки подогреваются проходящим по заготовке током. Нагретые кромки сдавливаются специальным механизмом и свариваются. Заготовка превращается в прочную и плотную трубу, непроницаемую для жидкости и газа.

Для контактной сварки необходимы машины, обеспечивающие силу тока, измеряемую килоамперами (1 кА $= 10^3$ А). Кромки можно нагревать и токами высокой частоты. В этом случае энергия свариваемым кромкам передается индукционным путем от специального индуктора, подключенного к высокочастотному источнику питания. В изделии создается вторичный, индуктированный электрический ток, нагревающий соединяемые кромки на небольшую глубину. Затем происходит сдавливание кромок и их сварка (рис. 9). Питание током производится от ламповых или машинных генераторов.

Сварка трением

Сварка трением изобретена нашим соотечественником токарем Алексеем Чудиковым. При этом процессе одна из соединяемых деталей (она обязательно должна быть круглой) вращается и трется о вторую, неподвижную деталь. Когда торцы свариваемых деталей нагреваются до заданной температуры, вращающаяся деталь резко тормозится и прижимается к неподвижной детали специальным механизмом. Происходит сварка. При сварке трением не требуется специальная подготовка и зачистка металла. Процесс легко поддается механизации и позволяет соединить между собой детали, изготовленные из однородных и разнородных металлов и сплавов.

Сварка плавлением и давлением

Этот процесс происходит в два этапа. На первом металл доводится до расплавления, а на втором сдавливается усилием, создаваемым специальной машиной.

Контактная точечная сварка

Наиболее широко применяется *контактная точечная сварка* (рис. 10). Перед сваркой хорошо зачищенные детали накладывают друг на друга и сжимают электродами, к которым подведены полюсы источника питания. Один из электродов всегда имеет круглую форму.

При пропускании тока через соединяемые заготовки в месте их соприкосновения выделяется большое количество теплоты, и металл на пограничных участках плавится. Расплавленный металл сдавливается между электродами усилием, создаваемым специальным гидравлическим, механическим или пневматическим приводом. В результате образуется шов, имеющий форму точки (рис. 10). Применяются *многоточечные машины*, которые за минуту могут сваривать множество точек, и легкие переносные *одноточечные клещи*. Точечная сварка широко используется для соединения металлов толщиной до 8 мм. Возможна сварка и более толстых деталей. Миллионы сварочных точек ежегодно скрепляют детали самолетов, вагонов, автомобилей и других машин, а также приборов. Коньки, на которых так приятно скользить по льду, тоже собраны из отдельных заготовок, соединенных точечной сваркой.

Шовная сварка

Если конические круглые электроды заменить вращающимися дисками, то можно получить беспрерывный ряд перекрывающих друг друга точек, образующих сплошной шов. Такой процесс называют *шовной сваркой*.

За последние годы сварочная наука и техника достигли больших успехов. Благодаря усилиям ученых, инженеров и изобретателей сварка перестала быть ремеслом, покрытым завесой таинственности. Она не только заимствует опыт других отраслей знания, но и сама смело вторгается в металлургию, металловедение, механику разрушений, передавая им свой опыт, источники теплоты и оригинальные методы исследования. Для координации работ, проводимых по сварке на нашей планете, создан Международный институт сварки. Признанной столицей сварщиков стал город Киев, где находится крупнейший в мире научно-исследовательский институт сварки, носящий имя своего основателя — академика О. Е. Патона.

Сварка на первый взгляд кажется менее романтичной и эффектной областью науки и техники, чем автоматика, гидроакустика или космонавтика. В действительности она сулит пытливым умам не менее увлекательные открытия.

Перед подрастающим поколением будущих ученых и инженеров-сварщиков стоит множество творческих и интереснейших задач, решению которых стоит посвятить жизнь.

Контрольно-измерительная техника и дефектоскопия

Техника точности

Метрология — наука об измерениях

Простейшие инструменты и приемы измерений были изобретены в глубокой древности, и человечество обходилось ими в течение многих столетий. Когда же стали создаваться машины, состоящие из разнообразных и сложных деталей, то векового опыта оказалось недостаточно. Потребовались и новые измерительные инструменты, и новые методы измерений. В результате возникла отдельная отрасль науки — *метрология,* наука об измерениях, играющая теперь исключительно важную роль в промышленности.

И хотя метрология включает в себя столь разные области, как измерение поверхностей, времени, звука, света, электрических, механических и тепловых величин и т. д., она всегда дает ответы на два вопроса: *чем измерить* и *как измерить.*

В этой статье рассказывается об измерениях, без которых немыслимо машиностроение,— об измерениях линейных и угловых величин.

Чему равен метр?

Более 200 лет назад английский мастер Рейнольдс настолько точно обработал отверстие цилиндра паровой машины, что разница между диаметрами отверстия, измеренными на противоположных концах цилиндра, была меньше толщины его мизинца. Прошло пятнадцать лет, и был достигнут еще более высокий результат: отверстие цилиндра паровой машины Уатта было расточено так хорошо, что между поршнем и стенкой цилиндра с трудом пролезала изношенная монета.

Эти рекорды давным-давно потеряли свое значение, и их даже невозможно повторить, поскольку никому не известна ни толщина мизинца, ни толщина изношенной монеты. Любое измерение — это сравнение определенной величины, принятой в качестве единицы меры, с величиной, которую надо оценить. А в то время не было единой для всех меры длины, поэтому результаты измерений и были столь неопределенными.

Чем только раньше не измеряли: и *пядью* — расстояние между концами растянутых пальцев (большого и указательного), и тремя ячменными зернами, составляющими *дюйм,* и локтями, и волосом мула, и кушаком короля, и жезлом короля, и туазом — железным стержнем!

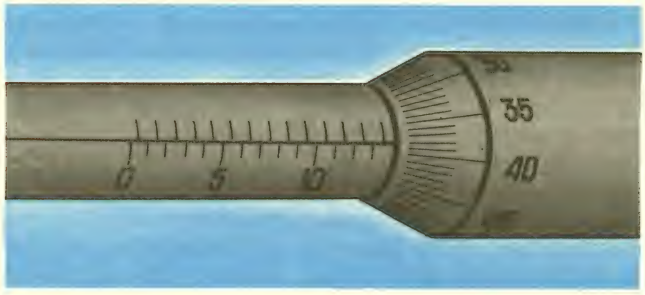
Повсюду пользовались своими дюймами, своими локтями, своими туазами, которые сплошь да рядом отличались от таких же мер, применяемых соседями.

С той поры и дошла до нас поговорка: «Всяк мерит на свой аршин» («аршин» означает «локоть»). Со временем возникла такая путаница в измерениях, что это стало препятствовать развитию общества. Настоятельно требовалась единая мера длины.

Попытки установить ее предпринимались давно и неоднократно. Так, Карл Великий объявил основной мерой длину своей ступни — *королевский фут.* Позднее Эдуард II ввел железный локоть — *ярд,* равный расстоянию от кончика королевского носа до конца вытянутой руки. Наконец, в XVIII в. решено было использовать какую-нибудь постоянную величину — *эталон,*— имеющуюся в природе.

В верхнем ряду: штангенциркуль и шкала штангенциркуля. 10 делений нониуса штангенциркуля равны 9 делениям основной шкалы. Поэтому каждое деление нониуса меньше деления основной шкалы на 0,1 мм. В результате первый штрих нониуса сдвинут относительно первого штриха основной шкалы на 0,1 мм; второй штрих нониуса сдвинут относительно второго штриха основной шкалы на 0,2 мм и т. д.

В нижнем ряду: микрометр и шкала микрометра, на которой установлен размер 13,88 мм.



Выбрали 1/40 000 000 часть Парижского меридиана и назвали ее *метром*. Произошло это во время Великой французской революции. Но Международную Конвенцию (соглашение) о принятии метра в качестве единой меры длины несколько европейских стран подписали только в 1872 г. Каждой стране, участнице Конвенции, был выдан свой эталон метра — брусок из особого сплава, имеющий поперечное сечение наподобие буквы X. На бруске нанесены два штриха, расстояние между которыми точно равно одному метру. Есть и другой эталон, у которого штрихи нанесены через каждый миллиметр.

История метра, однако, не закончилась подписанием Конвенции. При повторных измерениях Парижского меридиана выяснилось, что его длина первоначально была определена неправильно и метр не равен 1/40 000 000 его части. Был выбран другой природный эталон — длина световой волны. С 1960 г. метр определяется как размер, равный 1/650 763,73 длины волны — оранжевой линии спектра изотопа криптона.

Другие меры длины, используемые в стране, сверяются с Государственным эталоном и носят название *подчиненных*. На производстве в качестве эталонов длины широко применяются наборы *концевых мер* (см. т. 3 ДЭ, ст. «Всему миру — одну меру»). Это наборы разных плиток, у каждой из которых отполированы две противоположные стороны, а расстояние между этими сторонами измерено с высокой точностью. Если плитки сложить отполированными сторонами и потереть друг о друга, то они слипнутся. Таким образом из них можно собрать меру необходимой длины.

«Профессии» инструментов

Каждый измерительный инструмент и прибор имеет свою «профессию». Кроме того, все инструменты подразделяются на *универсальные* и *автоматические*.

С помощью первых можно контролировать различные детали, размеры которых значительно отличаются. Вторые предназначены для быстрой автоматической проверки большого числа одинаковых деталей.

Вначале расскажем об *инструментах-универсалах*.

Всем известная линейка пригодна для измерения самых разнообразных деталей. Однако по ней можно отсчитать только целое число миллиметров. А миллиметр при современных точностях обработки стал весьма большой единицей длины, поэтому линейку применяют только для грубых измерений.

Совмещение двух линеек в более совершенном инструменте — *штангенциркуле* позволяет измерить размеры с точностью до 0,1 мм.

Штангенциркуль состоит из *основной шкалы* — линейки с миллиметровыми делениями и перемещающейся по ней *подвижной рамки*. На левом конце основной шкалы имеются выступы, называемые *неподвижной губкой*, а выступы у рамки носят название *подвижной губки*. Между губками зажимают измеряемый предмет. По штрихам основной шкалы прочитывают целое число миллиметров. К рамке прикреплена маленькая линейка — *нониус* — с десятью делениями, которые равны *девяти делениям основной шкалы*, т. е. каждое деление нониуса на 0,1 мм меньше деления основной шкалы. Это изобретение приписывается испанскому монаху Нуньесу. Когда штрих «0» нониуса точно совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы, то штрих «1» нониуса не доходит до ближайшего к нему штриха основной шкалы на 0,1 мм, штрих «2» не доходит до следующего штриха основной шкалы на 0,2 мм, штрих «3» — на 0,3 мм и т. д. По штрихам нониуса определяют, на сколько десятых долей миллиметра измеряемый размер превышает целое число миллиметров. Для этого устанавливают, какой из штрихов нониуса совпал со штрихом основной шкалы.

Возможность измерить размеры до 0,01 мм появилась в 1848 г., после изобретения *микрометра*. Но тогда еще не умели обрабатывать детали с такой точностью, поэтому новый измерительный инструмент долго не находил применения. Сейчас его широко используют на многих заводах.

Главная деталь микрометра — точный *микрометрический винт*, ввернутый в гайку, называемую *стеблем*. При одном обороте винт перемещается вдоль своей оси на 0,5 мм. На винте неподвижно насажен барабан, на котором по окружности нанесено 50 делений. Таким образом, поворот винта на одно деление равен 1/50 полного оборота, или 0,01 мм $\left(\frac{0{,}5 \text{ мм}}{50} = 0{,}01 \text{ мм}\right)$. Вращая барабан, зажимают измеряемую деталь между винтом и пяткой скобы и производят отсчет. Сначала по нижней шкале стебля определяют, сколько миллиметров, начиная от первого штриха, прошел барабан. Если барабан перешел штрих на верхней шкале стебля, определяющей полумиллиметры, то это означает, что дробная часть размера больше 0,5 мм. А на сколько размер детали превышает целое число полумиллиметров, устанавливают по тому штриху барабана, который совпадает с продольной линией на стебле. На рисунке показан размер 13,88 мм, т. е. 13 + 0,5 + 0,38 мм.

Для измерения диаметра отверстия предназначаются *нутромеры*. Внешне они сильно отличаются от описанных выше инструментов, однако также основаны на использовании точных винтов.

Современная техника часто требует измерения деталей с погрешностью, не превышающей 1 мкм. Для этого существуют *длиномеры*, измерения на которых производятся при помощи *отсчетного микроскопа* и небольших шкал.

Как ни точны такие приборы, но рекорд точности принадлежит не им, а *интерферометрам*. Они сравнивают контролируемый размер с длиной световой волны.

А так как длина световой волны определена учеными с величайшей точностью, то, устанавливая, сколько раз она уложится в определенном размере, можно измерять с погрешностью, не превышающей нескольких нанометров (1 нм $= 10^{-3}$ мкм $= 10^{-9}$ м). В частности, таким путем измеряют длины эталонов метра.

Инструменты и приборы, о которых здесь шла речь, измеряют детали сразу в миллиметрах и его долях. Это так называемые *абсолютные измерения*. Но существуют многочисленные приборы, определяющие размеры деталей путем сравнения их либо с эталоном, либо друг с другом. Такие измерения называются *относительными*.

Механика, оптика, электричество

На любом машиностроительном заводе имеются измерительные приспособления — *измерительные головки*. Их широкое применение объясняется универсальностью и удобством.

Существует несколько типов измерительных головок, и хотя они мало похожи друг на друга, однако метод измерения у них один и тот же. Выступающий из корпуса головки *наконечник* прижимают к контролируемой детали. При этом наконечник перемещается из своего первоначального положения, поворачивая связанную с ним *стрелку* прибора по циферблату. Если первую деталь убрать, а на ее место поставить новую деталь несколько другого размера, то стрелка прибора остановится на другом делении циферблата. Разница между первым и вторым показаниями прибора покажет, на сколько измеряемая деталь отличается от другой, принятой за эталон.

Первые механические измерительные головки — *индикаторы* — появились в начале нашего века. За некоторое сходство с большими карманными часами они получили название *индикаторов часового типа*. У них движение наконечника передается стрелке следующим образом.

Наконечник имеет вид круглого стержня. На нем нарезаны поперечные зубья, сцепляющиеся с набо-

ром зубчатых колес. К оси одного из колес прикреплена стрелка. Зубчатые колеса индикатора имеют такое число зубьев, что при перемещении измерительного наконечника вдоль своей оси на 0,01 мм стрелка индикатора поворачивается на одно деление по циферблату. Такие измерительные приборы, говоря языком метрологов, имеют цену деления, равную 10 мкм (0,01 мм).

Помимо индикаторов есть немало и других механических измерительных головок, основанных на использовании зубчатых колес, рычагов и пружин. Самый точный среди них — *микрокатор.*

Цена деления точнейших микрокаторов равна 0,00005 мм. Этого удалось достичь благодаря применению необычной *пружины* — тонкой металлической ленты. Ее концы винтообразно закручены в разные стороны, а в середине прикреплена стрелка. Малейшее смещение измерительного наконечника вызывает растяжение пружины, и она поворачивает стрелку.

До создания микрокаторов, а они появились только в 50-х годах нашего века, точные измерения могли быть проведены только на оптических приборах — *оптиметрах.* В них используются небольшие *оптические системы,* включающие маленькие шкалы. Чаще всего оптиметры имеют цену деления 0,001 мм, но *ультраоптиметры* имеют более высокую точность, хотя и уступают микрокаторам.

Недавно появился еще один тип измерительных головок — *индуктивные датчики.* Они работают от источника электроэнергии и состоят из двух частей: *датчика,* у которого наконечник играет роль якоря индуктивной системы, и *показывающего прибора.* Прибор имеет переключатель диапазонов, благодаря чему его можно использовать и для грубых и для точных измерений. Точность этих датчиков исключительно высока, и они могут зарегистрировать изменение размера на 0,00005 мм.

Измерение углов

Самые древние инструменты для измерения углов, дошедшие до наших дней,— *уровень* и *отвес.*

Простой современный уровень — это металлический брусок с углублением наверху. Туда вставлена запаянная стеклянная ампула со спиртом, пары которого образуют пузырек. При наклоне уровня пузырек перемещается в сторону поднятого конца. А так как на ампуле нанесены деления, то, отмечая положение пузырька, можно определить угол наклона.

Еще проще отвес — гирька, подвешенная на шнурке. Шнурок под действием силы тяжести всегда направлен строго вертикально.

В последние годы были созданы высокочувствительные *индуктивные уровни,* основанные на использовании отвеса.

Исключительно точными приборами для измерения углов являются *автоколлиматоры.* Наиболее чувствительные из них способны фиксировать подъем или опускание конца площадки длиной 1 м всего на 1 мкм (0,001 мм). Автоколлиматор основан на принципе отражения лучей от зеркала. Внутри него помимо системы линз и призм имеется шкала с нанесенным перекрестием и маленькая лампочка. На детали, угол поворота которой надлежит измерить, закрепляется зеркало, а автоколлиматор устанавливается неподвижно рядом с этой деталью. Когда лампочка загорается, из прибора выходят лучи света, «несущие» изображение перекрестия. Лучи, попав на зеркало, отражаются от него и возвращаются обратно в прибор. Если плоскость зеркала стоит перпендикулярно оси автоколлиматора, то отраженное изображение перекрестия точно совпадает с самим перекрестием на шкале и в окуляре виден только один крест. Если зеркало повернуть, то лучи отразятся под другим углом и в окуляре будут видны два перекрестия: действительное и отраженное.

Расстояние между ними зависит от угла поворота зеркала. Поэтому встроенный в прибор микрометр, служащий для измерения расстояния между перекрестиями, имеет деления в угловых секундах.

Уровни и автоколлиматоры способны измерять только небольшие углы. Углы в широких пределах могут быть определены с помощью *угломера.* Он состоит из двух планок, соединенных осью наподобие циркуля. На одной из планок имеется угловая шкала, а на второй — нониус. Деталь охватывается планками, а угол между ними находится по шкале.

Для измерения углов между отверстиями, зубьями и т. п. часто применяется *делительный стол.* Это вращающийся в корпусе круглый стол, угол поворота которого отсчитывается по круговой шкале. Применяемые в столах отсчетные системы бывают оптическими, индуктивными, механическими или электронными. Точность угловых измерений на лучших поворотных столах очень высока, и погрешность не превышает 2—3″ (угловых секунд).

Что определяет точность?

При самом внимательном рассмотрении круглой детали: шарика, вала, втулки — она выглядит совершенно круглой. Но при проверке ее на приборе может выясниться, что она либо сплюснута, либо имеет грани. Конечно, эти отклонения формы микроскопические, однако при огромных скоростях и

Индикатор часового типа, установленный на стойке.

Схема индикатора часового типа.

Схема микрокатора.

Кругломер определяет, насколько форма детали отличается от геометрически правильного круга.

нагрузках они начинают играть крайне отрицательную роль. Поэтому точность изготовления детали определяется не только правильностью выполнения размеров, но и точностью ее формы. Погрешность формы можно найти, если сравнить ее с образцовой деталью, т. е. деталью, имеющей очень малые отклонения от геометрически правильной формы.

Так, проверка прямолинейности чаще всего производится с помощью *поверочной линейки*. На ее точно обработанную рабочую поверхность наносится тонкий слой специальной краски. Затем этой же стороной она кладется на деталь и слегка перемещается по ней. Линейка касается только выступающих участков контролируемой поверхности и окрашивает их. По числу, расположению и размерам пятен судят о непрямолинейности.

Изготавливать поверочные линейки трудно, и, кроме того, их нельзя делать длинными, так как они прогибаются под действием собственного веса.

Это заставило ученых обратиться к природным эталонам прямолинейности: к *лучу света* и *уровню жидкости*.

Один из приборов, контролирующих с помощью луча, создан советскими специалистами. Он носит название *оптической струны* и состоит из *визирной трубы* и *марки*. В марке имеется лампа и тонкая пластинка — *диафрагма* с маленьким отверстием. Луч, выходящий из диафрагмы, является эталоном прямолинейности. Он попадает в визирную трубу и виден в ней как круглая светлая точка.

Когда марку двигают вдоль непрямолинейной поверхности, то светлая точка в поле зрения трубы будет перемещаться из своего первоначального положения. Это смещение луча и есть непрямолинейность, которая измеряется отсчетным устройством, расположенным на трубе. Оптические приборы предназначены для проверки прямолинейности деталей длиной до 30 мм.

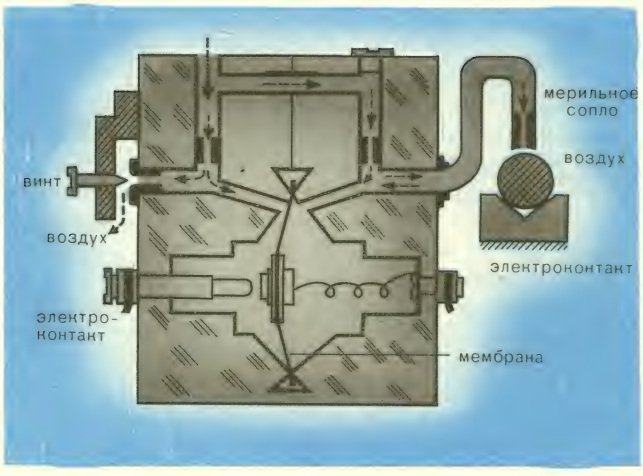
Детали еще большей протяженности можно контролировать *гидростатическими уровнями*, основанными на использовании принципа сообщающихся сосудов. Они определяют профиль поверхности, сравнивая ее с уровнем жидкости, который всегда прямолинеен.

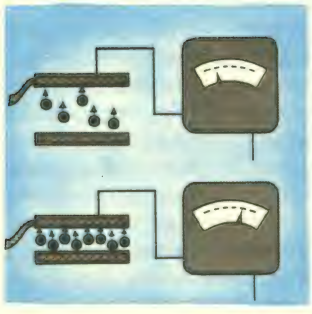
Для контроля плоскостности создано несколько приборов — *плоскомеров*.

В последнее время появилась целая группа *кругломеров*, предназначенных для измерения круглости шаров, валов, втулок и других тел вращения. Одни из них имеют вращающуюся измерительную головку — *датчик*, а на других вращается сама контролируемая деталь. Форма такого вращения исключительно круглая, например у последних моделей советских приборов она доходит до 0,00005 мм. С таким своеобразным эталоном круглости и сравнивается форма детали. Существует еще много других приборов. Одни из них определяют форму зубьев зубчатых колес, другие показывают на больших экранах многократно увеличенный профиль деталей, третьи тонкой алмазной иглой ощупывают поверхность, определяя ее шероховатость. Среди них есть немало сложных приборов, но вершина метрологии — *координатно-измерительные машины с программным управлением*. Они удивительно универсальны: с их помощью можно оценить и прямолинейность, и плоскостность, и круглость деталей, и многое другое. Такая машина способна автоматически проконтролировать деталь сложнейшей криволинейной формы и все полученные результаты математически обработать и отпечатать на ленте.

Предельная пробка.

Схема мембранного пневматического датчика. Если давление воздуха в правой полости превышает давление в левой полости, то мембрана прогнется и замкнет электрический контакт.





Механотрон (*слева*) и схема его работы. Перемещение наконечника вызывает смещение электродов, что приводит к изменению анодного тока. Измеряя ток, можно судить о величине сдвига электродов и, следовательно, о размере детали.

Автоматы-контролеры

Контроль и качество

На заводах массового производства, где за смену изготавливают сотни, тысячи, а иногда и десятки тысяч одинаковых деталей, контроль должен быть не только точным, но и быстрым. Тут проверка деталей вручную с помощью универсальных инструментов не подходит. Здесь нужны автоматические контролеры, измерительные приборы — «скоростники». Прежде чем начать рассказ о них, перенесемся лет на 150 назад, когда были сделаны первые шаги на пути ускорения контроля.

В то время для проверки диаметров одинаковых отверстий и валиков впервые стали применяться *калибры*, дошедшие и до нашего времени.

Представим, что в отверстие диаметром 30 мм нужно запрессовать подшипник. Если диаметр отверстия меньше 30 мм, подшипник в него не войдет, если больше 30,02 мм, то будет в нем сидеть недопустимо свободно. Такое отверстие можно контролировать *предельной двухсторонней пробкой*, один конец которой — *проходной* — имеет диаметр 30 мм, а второй — *непроходной* — 30,02 мм. Если проходной конец свободно войдет в отверстие, а непроходной конец не войдет, то, значит, оно находится в допустимых пределах.

Наружные круглые поверхности проверяются так же, но только с помощью *предельных скоб*.

Как ни просты и удобны предельные калибры, но они далеко не всегда могут обеспечить необходимый высокий темп производства, да и точность их недостаточно высока.

В современных контрольных автоматах роль калибров выполняют *датчики*, это они дают сигнал о годности детали. О них-то и пойдет речь в этой статье.

Сейчас на заводах широко применяют *пневматические измерительные приборы*, использующие сжатый воздух. Они очень точны, неприхотливы, конструкция их проста и надежна. Это, например, ча-

сто встречающиеся в контрольных автоматах пневматические *мембранные датчики*. Такой датчик представляет собой камеру, разделенную пополам эластичной мембраной. В обе полости камеры подается сжатый воздух. Воздух из одной полости выходит в атмосферу через тонкий канал, поэтому давление в ней всегда постоянно. От второй полости отходит шланг, заканчивающийся измерительными соплами. Давление воздуха в ней зависит от зазора между соплами и поверхностью измеряемой детали. Если зазор мал, то давление во второй полости возрастает, мембрана прогибается и замыкает электрический контакт.

Мембранные датчики с набором контактов могут сортировать детали по размерам. Чем выше требования к точности, тем больше таких размерных групп. В частности, при сборке высокоточных подшипников их насчитывается 50. Причем группа от группы разнится всего на 0,5 мкм.

Электрические датчики и «зрячие» механизмы

В контрольных приборах-автоматах нередко устанавливают *электроконтактные датчики*. Их измерительный наконечник связан с качающейся планкой, концы которой могут замыкать два контакта. В зависимости от того, больше или меньше нормы измеряемый размер, замыкается один из контактов. Это вызывает в электросхеме соответствующий сигнал. Электроконтактные датчики применяются для контроля деталей средней точности (погрешность не более 1,5—2 мкм).

До сих пор мы говорили о проверке геометрических размеров. А как контролировать качество поверхности детали, проверять, нет ли на ней вмятин, ржавчины или других дефектов? Контролеру на подшипниковых заводах, например, приходится за смену осматривать тысячи мелких шариков или роликов.

Это очень утомительная работа. А наши инженеры создали «зрячие» автоматы. Контролируемый шарик, попадая в автомат, начинает вращаться. На него падает луч света и, отражаясь, освещает фотоэлемент, который вырабатывает ток. Когда луч освещает участок поверхности, где имеется какой-либо дефект, отраженный свет слабеет. Уменьшается и сила тока. Это сигнал, что деталь имеет брак.

Их ожидает большое будущее

Датчики, с которыми вы познакомились, могут быть использованы далеко не везде. Поэтому сейчас при поисках новых методов измерения в первую очередь разрабатываются новые конструкции датчиков. Ученых и инженеров, работающих над автоматическими контролерами, очень привлекают, например, *механотроны*. Это *электровакуумные приборы*, похожие на радиолампы, только у механотрона можно механическим путем перемещать электроды. Малейшее смещение электродов, которое происходит при измерении деталей, вызывает изменение силы анодного тока.

Появились первые приборы, использующие поток *гамма-лучей*; другие приборы измеряют с помощью *ультразвука*. Они особенно удобны для контроля в процессе обработки, так как не касаются поверхности детали.

Проведены эксперименты, показавшие, что существует возможность применить для контроля телевизионную аппаратуру.

Дефектоскопия

Почему разбилась «Комета»

До сих пор мы не сказали ни слова о том, как контролируют внутренние дефекты материала. А от того, как служба контроля справляется с проверкой в этой области, зависит надежность очень многих машин и механизмов.

В 1952 г. на международных авиалиниях появился английский реактивный пассажирский самолет «Комета». Вначале рейсы проходили вполне благополучно. Но затем два самолета внезапно взорвались в полете. Все, кто был на их борту, погибли. «Кометам» было запрещено летать до выяснения причин катастроф.

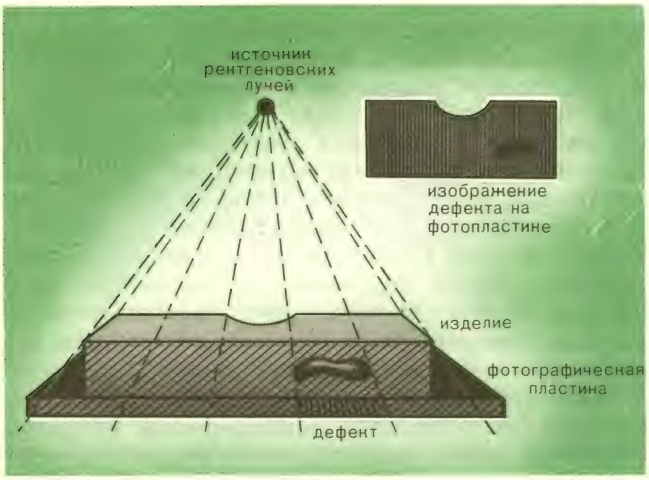
Только через полгода специальная комиссия обнаружила, что причиной воздушных трагедий были маленькие, незаметные глазу трещины в стенах кабин. Когда самолеты поднимались на большую высоту, воздух из них начинал быстро выходить, и в определенных условиях такая утечка воздуха принимала характер взрыва.

История техники знает немало подобных катастроф, виновниками которых были невидимые дефекты материала. Бороться с ними помогает *дефектоскопия* — совокупность физических методов проверки дефектов в материалах и изделиях. Задача дефектоскопии — создать такую аппаратуру и такие методы проверки, с помощью которых можно было бы «заглянуть» внутрь материалов.

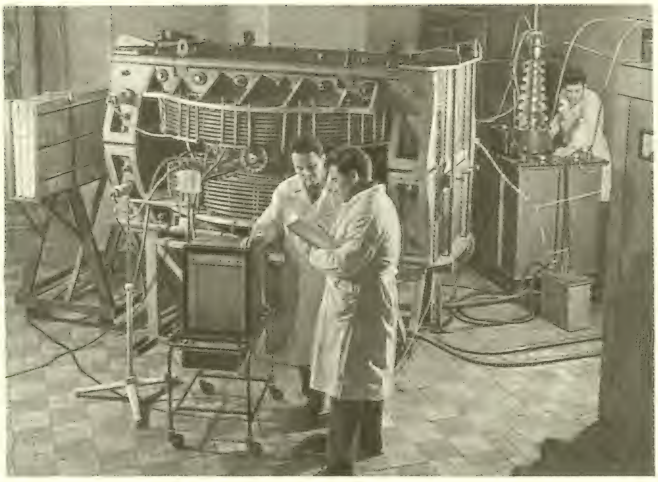
Просвечивание материалов

Каждому, наверно, известно, что такое рентгеновский аппарат и какое он имеет значение для медицины. Через 15 лет после открытия К. Рентгена, в

Схема работы рентгеновского дефектоскопа.



Бетатрон. Этот прибор может просвечивать металлические детали толщиной до 60 см. Электрон разгоняется в бетатроне до огромной скорости. Если на его пути поставить металлическую пластинку, то при ударе о нее возникает мощное рентгеновское излучение.



1910 г., известный русский физик П. Н. Лебедев создал *рентгеновскую трубку,* которая позволила просвечивать металлические предметы. В усовершенствованном виде эта трубка применяется и теперь. Этот прибор напоминает обычный рентгеновский аппарат, но работает он на гораздо большем напряжении, так как металл сильно поглощает рентгеновские лучи.

Рентгеновские трубки не единственный источник просвечивания. Для этого применяется и гамма-излучение. *Дефектоскопическая гамма-установка* — это свинцовая коробка, в которой помещен искусственный радиоактивный изотоп, испускающий гамма-лучи. Такие установки очень просты и не нуждаются в электроэнергии.

Просвечивание изделий производится так: рентгеновские или гамма-лучи направляют на деталь, за которой помещают фотографическую пленку. Если внутри материала имеется пустота — раковина, то прошедшие сквозь нее лучи потеряют меньше энергии, чем лучи, прошедшие через всю толщу металла. Они будут сильнее воздействовать на эмульсию пленки, и на ней появится темное пятно. Уплотнения, наоборот, видны на пленке в виде более светлых пятен.

Чем толще контролируемый металл, тем больше времени надо затратить на получение снимков. Поэтому рентгеновскими аппаратами стремятся просвечивать изделия толщиной не более 10—15 см. Но существуют ответственные детали, толщина которых значительно больше. Для их проверки используют чрезвычайно мощный прибор — *бетатрон,* позволяющий просвечивать металл толщиной 50—60 см.

Звук-контролер

На некоторых железнодорожных станциях можно иногда наблюдать такую картину: железнодорожник идет вдоль состава и молотком постукивает по колесам. Если в колесе есть трещина, раздастся дребезжащий звук. Выявить подобным постукиванием раковины, уплотнения и другие дефекты, расположенные внутри детали, невозможно.

Но, заменив обычный звук ультразвуком, можно обнаружить мельчайшие дефекты, расположенные на глубине до 1 м, и точно определить их местонахождение.

В дефектоскопах ультразвуковые колебания создаются *пьезоэлектрическими пластинами.* Дело в том, что при растяжении или сжатии некоторых кристаллов, называемых *пьезоэлектриками,* на их гранях появляются электрические заряды и, наоборот, при пропускании через такие кристаллы переменного тока они изменяют свои размеры.

Для обнаружения дефекта две пьезоэлектрические пластины прижимают к изделию с противоположных сторон. Одну из пластин подключают к высокочастотному генератору. При пропускании тока эта пластина будет с очень большой частотой изменять свою толщину, создавая тем самым ультразвуковые колебания. Они пройдут сквозь толщу проверяемого материала и начнут сжимать вторую пластину, которая под их воздействием будет вырабатывать электрические заряды. Появление зарядов и указывает на то, что изделие годное. Если же в нем имеется дефектный участок, то ультразвуковые колебания, отразившись от него, вернутся назад и никаких зарядов на второй пластине не появится. На нее как бы упадет звуковая «тень». Поэтому такой способ проверки и называется *теневым.*

Ультразвуковые дефектоскопы широко применяются в промышленности. Огромные кованые детали,

котлы, колеса турбин, автопокрышки, клееные изделия и многое другое контролируется ультразвуком. Особенно ценно, что такой контроль можно автоматизировать. Сейчас, например, автоматически «прозвучивают» листы металла после прокатки, проверяют рельсы прямо на ходу поезда.

Магнитный метод проверки

Ни просвечивание, ни «прозвучивание» не позволяют обнаружить мельчайшие трещины на поверхности детали. Для борьбы с этими врагами человек создал особое оружие.

Все знают, что если магнит посыпать железными опилками, то они расположатся вдоль магнитных линий. Но при наличии трещины магнитные линии изменяют свое расположение и опилки скапливаются около трещины. Это свойство нашло применение в дефектоскопии. Чтобы проконтролировать деталь, ее сначала намагничивают, а потом посыпают тонко измолотым железным порошком. Такой способ проверки называется *магнитным*.

С помощью порошка можно выявить пороки только у деталей со шлифованной поверхностью небольшой площади. Если надо проверить большую поверхность, применяются магнитофонные ленты. Представьте себе, что вам надо проверить многокилометровый трубопровод. Для этого проверяемый участок вначале намагничивают переносными магнитами, а затем к нему плотно прижимают магнитофонную ленту. Под влиянием магнитного поля ферромагнитные частицы ленты расположатся в определенном порядке, т. е. произойдет «запись» состояния металла. «Запишутся», конечно, и дефекты. Теперь остается пропустить ленту через соответствующую аппаратуру. Если на экране электронолучевой трубки появятся всплески, значит, трубопровод имеет дефекты.

Защита металла

Вы видите на улице автомобиль. Издали он кажется вам новым. Но приглядитесь внимательнее, и, возможно, вы увидите на его поверхности едва заметные пузырьки. Многие из них лопнули и походят на кратеры вулканов, сфотографированные сверху с большого расстояния. Только внутри этих «вулканов» не застывшая лава, а бурая ржавчина.

Автомобиль этот действительно еще сравнительно новый — ему всего 5—6 лет от роду. Он мог бы еще долго бегать по дорогам, выполняя различную полезную работу. Но беспощадная коррозия почти вдвое укорачивает его век. Она пожирает металл, вздувает краску кузова, образуя на ее гладкой поверхности кратерообразные бурые пятна.

Коррозия приносит огромный ущерб. Подсчитано, что каждый год она уносит до 12% годовой выплавки металла. Естественно поэтому, что люди стремятся защитить металл от разъедания и коррозии, особенно когда ему предстоит «работать» во влажном воздухе, в воде, соприкасаться с вредно действующими на него газами и жидкостями.

Все знают о никелированной, луженой, эмалированной посуде, оцинкованном железе крыш, о лаках и красках, которыми покрывают металлические изделия. Часто на металл наносят защитную *окисную пленку*. Тогда тонкий слой уже окислившегося металла предохраняет деталь от дальнейшего разрушения. А алюминий сам защищает себя этим способом: под воздействием воздуха на его поверхности образуется тонкий прочный слой окислов. Нередко металл для защиты покрывают *слоем другого металла* — олова, цинка, никеля, хрома.

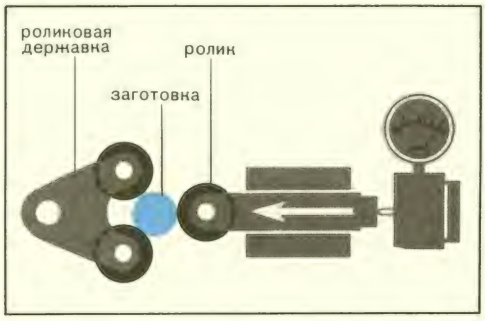
Если образовать на поверхности стальных, алюминиевых или цинковых изделий либо их сплавов тонкий слой фосфатов (солей фосфорной кислоты), а затем нанести краску, лак, масло, то деталь также не подвергнется коррозии. На поверхности металла образуется тонкая защитная пленка, помогающая краске предохранять металл от коррозии. Благодаря *фосфатированию* срок службы металлических изделий удается продлить на несколько лет.

В качестве покрытия можно также применять полиэтиленовую пленку. Она тоже предохраняет металлические конструкции от коррозии. Изоляция *полимерными пленками* начинает применяться все шире.

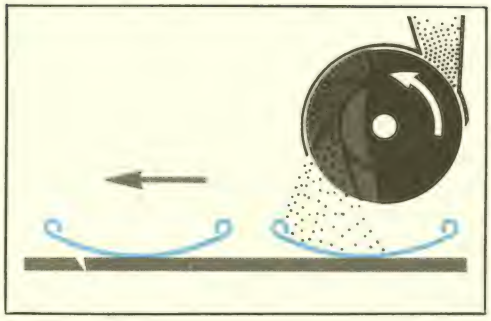
«Бронировать» металлические трубопроводы можно и с помощью особой *пасты*, которую наносят на металлическую поверхность. А многие металлические предметы и трубы выпускают сразу с готовым покрытием, защищающим их от коррозии.

Но покрытие поверхности различными защитными преградами — лишь одно из направлений борьбы за долгую жизнь металла. Металлурги научились в этих целях изменять и сам металл. Таковы, на-

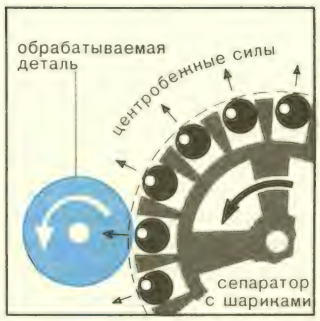
Обкатка роликами значительно увеличивает твердость поверхности металлического изделия.



Обработка рессорных листов дробью делает их «выносливее».



Удары стальных шариков увеличивают прочность деталей и сглаживают их поверхность.



пример, многие *сплавы*. Их делают нержавеющими, добавляя различные элементы, которые хорошо сопротивляются коррозии. Например, если в сталь добавить немного хрома, никеля, вольфрама, молибдена, то она становится прочной и нержавеющей.

Иные способы защиты используются при длительном хранении металлических изделий. Для этого применяют особые составы, замедляющие скорость разрушения материалов,— *ингибиторы*. В пропитанной ими бумаге можно долго хранить изделия, не опасаясь их порчи. Дело в том, что ингибиторы не позволяют кислороду воздуха и влаге проникать к металлической поверхности. Некоторые ингибиторы наносят прямо на поверхность готовой машины. Ее помещают для этого в специальный контейнер и пускают туда пары ингибитора. Когда пары оседают, машина оказывается покрытой защитной пленкой.

Но металл приходится защищать не только от разъедания и коррозии. Есть у него и другие враги — трение, износ и высокие температуры. Например, масса изношенной автомашины всего лишь на 1 кг меньше массы новой машины. Всего 1 кг износа — и машина выходит из строя! Если вспомнить, сколько машин работает на полях и в шахтах, на заводах и в рудниках, на электростанциях и на транспорте, станет ясно, какие выгоды может принести народному хозяйству успешная борьба с износом деталей.

Какими же способами это делается?

Одно из направлений — *разделение трущихся поверхностей*. Во вращающихся частях машин для этой цели применяют подшипники. Очень часто поверхности разделяют слоем смазки.

Другое направление — *увеличение прочности деталей при их изготовлении*. Для этого существует целый ряд способов: тепловая обработка, при которой изменение температуры ведет к изменениям свойств материала; обкатка, позволяющая сгладить поверхность, уплотнить ее, и т. д. При этом трещины, углубления, всевозможные неровности, оставшиеся от предыдущей обработки резцом, выравниваются. Увеличивается и твердость металла, он лучше сопротивляется изнашиванию. Такой обработке подвергают детали цилиндрической формы и отверстия. Иногда вместо обкатки отверстий применяют продавливание сквозь них стальных шариков или другого инструмента.

Широко используется и *обдувка деталей дробью*. При ударах дробинок поверхность металла так же уплотняется и сглаживается, как и при обкатке. Тонкий поверхностный слой приобретает большую прочность. Срок службы обдутых дробью пружин, например, возрастает почти вдвое.

Можно обрабатывать поверхности и *стальными шариками*. Правда, этот способ применяется только для обработки цилиндров и плоскостей. Но зато он может заменить тонкое шлифование и полирование и требует гораздо меньшей затраты труда. Для обработки крупных деталей вместо шариков применяют специальные *бойки*. Ударами бойка прочность металла повышается примерно в полтора раза.

При упрочении металла, так же как и при защите его от внешних воздействий, на помощь нередко приходит химия. Поверхностный слой насыщают углеродом и азотом, алюминием, хромом, кремнием, бором. Их молекулы проникают в защищаемый металл и образуют в нем твердый поверхностный слой с повышенной прочностью и износоустойчивостью, стойкостью против окисления, нагрева, действия кислот. Нужные для этого химические вещества применяют в жидком виде — в растворах, в газообразном состоянии или в виде порошков, которые расплавляют и наносят на поверхность металла. Так, например, покрывают деталь алюминием.

Покрывают детали и твердыми сплавами. Твердосплавные покрытия позволяют намного повысить стойкость деталей экскаваторов, дробилок, буровых инструментов, штампов, которым приходится выдер-

живать интенсивное истирание, удары и трение. Это дает народному хозяйству миллионы рублей экономии: ведь деталь можно изготовлять из обычной стали, а из дорогого сплава делать только тонкий защитный слой.

Защитные покрытия из сплавов и особо прочных металлов наносятся на деталь разными способами. Хром, например, *электролитическим путем*. А при никелировании можно обойтись и без электрического тока. Деталь погружают в подогретый раствор, содержащий соединения никеля. Никель осаждается из раствора, причем очень равномерно. Получается слой строго определенной толщины. Это позволяет покрывать детали сложной формы, с внутренними полостями. Если после покрытия деталь подогреть, защитный слой станет тверже.

Детали, никелированные химическим способом, надежны в работе при высоких температурах.

Можно и иначе защитить поверхность металла — *закалить* (т. е. нагреть и быстро охладить) тонкий наружный слой, оставив сердцевину более мягкой. Тогда деталь не станет хрупкой и будет хорошо переносить нагрузки, а твердый закаленный слой предохранит ее от поверхностного износа. Для такой поверхностной закалки деталь вращают около движущейся вдоль нее горелки, и металл при этом насквозь прогреваться не успевает. Затем его охлаждают водой. Слой в несколько миллиметров после нагрева и охлаждения становится твердым.

Широко применяется и другой способ закалки — с помощью *токов высокой частоты*. Если поместить металлическую деталь в переменное магнитное поле, то в ней появится электрический ток, который распространится лишь по поверхности. В несколько секунд поверхностный слой нагреется и после охлаждения закалится. *Закалочное устройство* имеет *индуктор* — один или несколько витков медной трубки. По нему проходит ток высокой частоты, возбуждающий переменное магнитное поле. Внутри индуктора и помещают деталь. Меняя частоту тока, можно изменять толщину закаливаемого слоя от долей миллиметра до 1 см. Индукторы разных форм позволяют закаливать самые разнообразные изделия — плоские, цилиндрические и т. п. Можно также закаливать поверхность не всей детали, а только отдельных ее частей — зубья шестерен, шейки валов, концы рельсов. Этот процесс успешно автоматизируется. Уже существуют закалочные установки — автоматы, работающие на токах высокой частоты с очень высокой производительностью.

Электричество помогает упрочнять металл и другим способом — *электроискровой обработкой*. Деталь включается в электрическую цепь и служит электродом. Между ней и другим электродом, когда они сближаются, происходит электрический разряд. При этом мельчайшие частички металла, металлического сплава, углерода и. т. д. переносятся с электрода-инструмента на электрод-деталь, и поверхность детали постепенно покрывается тончайшим защитным слоем. Стойкость к изнашиванию трущихся поверхностей после электроискрового упрочения увеличивается во много раз. Это происходит потому, что высокая температура при разряде (выше 10 000° С) обеспечивает быструю закалку.

Выше уже говорилось, что материал защитного покрытия может быть различным. К упомянутым уже твердым металлам и сплавам, углероду и т. д. надо прибавить еще особую керамику, содержащую окислы алюминия, титана, магния, хрома, циркония и других металлов. Так защищают от прогорания детали реактивных двигателей, турбинные лопатки, нагреватели электропечей, т. е. те детали, которые работают в условиях высоких температур. Керамику наносят большей частью распылением. Получается очень твердый, стойкий против всевозможных химических воздействий тонкий слой, который прочно соединен с металлом.

Химическая промышленность

На современном химическом заводе

От лаборатории до чертежей

Современная химическая промышленность многолика. Удобрения и лекарства, пластмассы и топлива, резиновые изделия и душистые вещества — сотни различных химических веществ выпускают каждый год химические заводы страны, причем в огромных количествах.

Создать новый химический завод, выпускающий удобрения, волокно или новый краситель, очень сложно. В этом принимают участие сотни людей различных специальностей. Вот почему в этой статье говорится не только о химической промышленности, но и о том, как создают химические заводы, производящие новые виды продукции.

Путь к производству нового химического продукта долог и тернист. Начинается он с идеи, которая приходит в голову ученым, работающим над наиболее рациональным способом синтеза нужного вещества. Ведь почти ко всем химическим веществам можно прийти различными путями, исходя из различных компонентов, соединяя их или, напротив, разлагая. И всегда ученые стараются найти такой способ создания нового вещества, чтобы меньше было реакций, дешевле были исходные вещества, проще аппаратура.

Через год или несколько лет — как повезет — лабораторных исследований ученые говорят: нужное вещество можно синтезировать таким-то способом. Теперь эстафету у исследователей принимают технологи. Они должны осуществить найденную реакцию не в миниатюрных лабораторных приборах, а в реально существующих аппаратах. Они должны соединить творческое исследование химика с реальным опытом инженера. Для этого они строят опытную установку уже не из стекла, а из керамики, стали, чугуна и других материалов и на ней проверяют свои расчеты, уточняют режимы процессов. На этой установке все операции максимально приближены к реальным заводским условиям.

Параллельно с этим специалисты по оборудованию подбирают материалы, из которых лучше всего изготовить необходимую для производства аппаратуру. Ведь иногда получаемые в синтезе вещества могут реагировать и с материалом аппарата. И тогда для аппаратов надо подбирать новые стали, сплавы или защищать их изнутри стеклом или пластмассой.

В лаборатории по технике безопасности изучают взрывные свойства полученных смесей; если опасность взрыва существует, то разрабатывают особые

условия хранения, перевозки и эксплуатации химических реагентов (см. стр. 295).

В это же время в аналитической лаборатории изучают методы точного и быстрого анализа всех компонентов нового процесса. Важно уметь определять не только основные продукты, ради которых строится завод, но и незначительные примеси, которые влияют на ход процесса. Часто бывает, что доля процента какого-то постороннего вещества «выключает» всю реакцию или ухудшает конечный продукт.

Несмотря на то что все эти разносторонние исследования ведутся параллельно, на отработку процесса уходит еще год, а то и два: нужно не только устранить все неполадки, но и накопить достаточно достоверные данные. Эти данные будут еще раз проверены на полупромышленной установке, которую обычно строят на каком-то действующем заводе, где можно использовать для проверки нового процесса реальные промышленные условия. Продукция полупромышленной установки — сотни килограммов в день — направляется непосредственно будущим потребителям на отзыв. На эти испытания уходит еще год-два. Эта стадия весьма ответственная. Если после лабораторных исследований многое можно поправить, уточнить, то после полупромышленных испытаний изменения вносить во много раз труднее.

Когда новый процесс создан, его передают в проектный институт. И если что-то было плохо проверено — в технологии окажется ошибка, которая попадет в чертежи аппаратов, а потом в работу строителей и обнаружится только тогда, когда начнут пускать новый завод. Вот почему так важно четко и правильно провести испытание — сначала в лаборатории, а затем на заводе.

Итак, после всех подсчетов, согласований, проверок новый химический процесс, который был плодом исследований ученых, теперь воплощен в результаты полупромышленных испытаний и переходит к проектировщикам.

В работу включились проектировщики

Здесь в работу включается сразу несколько групп специалистов. Технологи должны рассчитать объем основных аппаратов, составить материальный баланс процесса — сколько веществ входит в него, сколько выходит — исходя из годового выпуска продукции, а также уточнить, сколько нужно электроэнергии, пара и охлаждающей воды.

Механики и конструкторы делают чертежи аппаратуры. Если для нового процесса можно приспособить уже существующие аппараты, их просто подбирают с учетом производительности; если такие аппараты наша промышленность не выпускает, конструируют новые. Потом составляют монтажную схему процесса: расставляют, пока еще на бумаге, будущие аппараты, будущие цехи и связывают их между собой будущими трубопроводами. На этой же схеме указывают все клапаны, вентили, смотровые окна, места замера температур и давления, места, где будут браться пробы веществ. Все должно быть учтено заранее, все до мельчайшего винтика. Проектировщики, хоть и имеют дело только с бумагой, должны видеть весь завод, как будто он уже существует.

Согласно указаниям технологов специалисты из отдела контрольно-измерительных приборов (КИП) подбирают и расставляют на чертежах свои приборы.

На этой же схеме расставляют необходимые насосы, компрессоры, которые станут перекачивать вещества из аппарата в аппарат, создавать в них повышенное давление или, наоборот, вакуум.

Затем в работу включаются проектировщики-строители. Они делают проект здания, при этом заранее намечают последовательность монтажа оборудования. Ведь если не сделать в коробке здания монтажных пролетов, если не расставить соответствующим образом несущие колонны, то аппараты нельзя будет внести в готовое здание и придется ломать стену.

Специалисты из отдела коммуникаций рассчитывают размеры труб, связывающих цехи, вычерчивают эстакады, подземные коллекторы, учитывают необходимую изоляцию.

Не сидят без дела и электрики — они должны предусмотреть подстанции, питающие цехи электроэнергией. А их коллеги теплотехники проектируют теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), чтобы обеспечить цехи горячей водой и паром, и одновременно намечают, как подавать к цехам холодную воду для усмирения чересчур бурно идущих реакций. Роль охлаждающей воды на современном химическом заводе столь велика, что создают специальные цехи водоподготовки.

Находится работа и для санитарных врачей. Они проверяют состав газов, которые завод будет выпускать в атмосферу: нет ли в них вредных примесей, опасных для людей и природы. Так же проверяют они и все сточные воды. Чистую воду можно сливать в реки, а вот загрязненные стоки направляют в огромные резервуары, где примеси отделяют от-

стаиванием и фильтрованием. Самые вредные отбросы направляют в печь и сжигают. На некоторых химических заводах вредные стоки удается очистить с помощью микроорганизмов. При этом отходы превращают в корм для скота, а чистую воду возвращают производству.

Потом в работу вступают проектировщики-пожарники. Они устанавливают на проекте места пожарных сигналов, размещают пожарные службы.

Ну и, конечно, ни один проект не обходится без тщательной проверки специалистов по технике безопасности. Они проверяют и перепроверяют безопасность для здоровья и жизни рабочих и служащих всех процессов и всех аппаратов и механизмов, намеченных в проекте.

Затем проектную эстафету принимают планировщики. Они составляют общий план завода, размещают цехи, планируют подъездные пути, дороги, пешеходные дорожки, размещают различные административные здания.

Совместно с проектировщиками работали и специалисты из сметного отдела. Они подсчитывали полную стоимость проекта. Здесь учитывается все: стоимость здания, оборудования, реагентов, зарплата рабочих, инженеров. Сумма обычно получается немалая — несколько десятков миллионов рублей. Ясно, что ответственность руководителей проекта перед государством очень велика, поэтому, перед тем как подписать проект, они еще раз тщательно просматривают данные всех отделов, придирчиво их обсуждают и, только полностью убедившись в правильности принятых на каждом этапе решений, ставят свои подписи на проекте. Кстати, даже на этой стадии им приходится немало потрудиться: документация современного завода занимает 40—50 ящиков.

Их грузят на автомобили, поезда или самолеты и отправляют на машиностроительные заводы, где по присланным чертежам будет создаваться химическая аппаратура, и строителям, которым предстоит в соответствии с проектом соорудить новое химическое предприятие.

Обычно на создание аппаратуры уходит год-два, еще столько же — на строительство завода, и только через 2—3 года после окончания проекта, а следовательно через 5—6 лет после окончания научного исследования, там, где раньше был пустырь, поднимутся многометровые установки. Теперь в новых цехах заводов в 3 или 4 смены станут работать тысячи людей — аппаратчиков, мастеров, инженеров, лаборантов.

С того момента, когда завод построен, опробован и принят государственной комиссией, его продукция включается в государственный план, и тогда ее начинают получать потребители — другие заводы, если это полуфабрикат, или покупатели, если это готовое промышленное изделие.

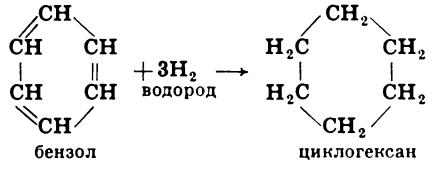
Так, по этой схеме создается любое химическое производство — как для выпуска органических продуктов, так и неорганических.

На химическом заводе

Чтобы познакомиться поближе с химическим заводом, надо остановиться на каком-то одном производстве. Среди многих важных и интересных мы выберем *производство капролактама,* сравнительно простого вещества, из которого на заводах синтетического волокна получают капроновые изделия.

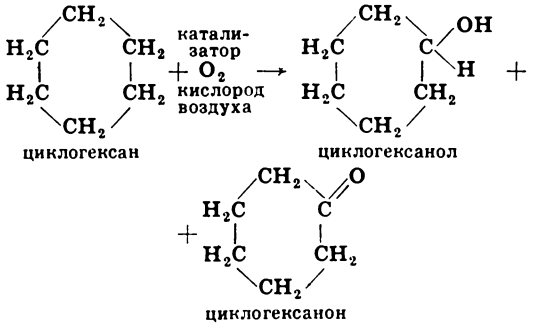
Реакция, по которой идет синтез капролактама, ныне известна каждому школьнику. Исходные вещества: *бензол, водород, аммиак, кислород воздуха.* Синтез проводят в несколько стадий.

Для начала надо взять бензол и *прогидрировать* его, т. е. соединить с водородом, чтобы получить *циклогексан.* При этом происходит такая химическая реакция:



бензол — циклогексан

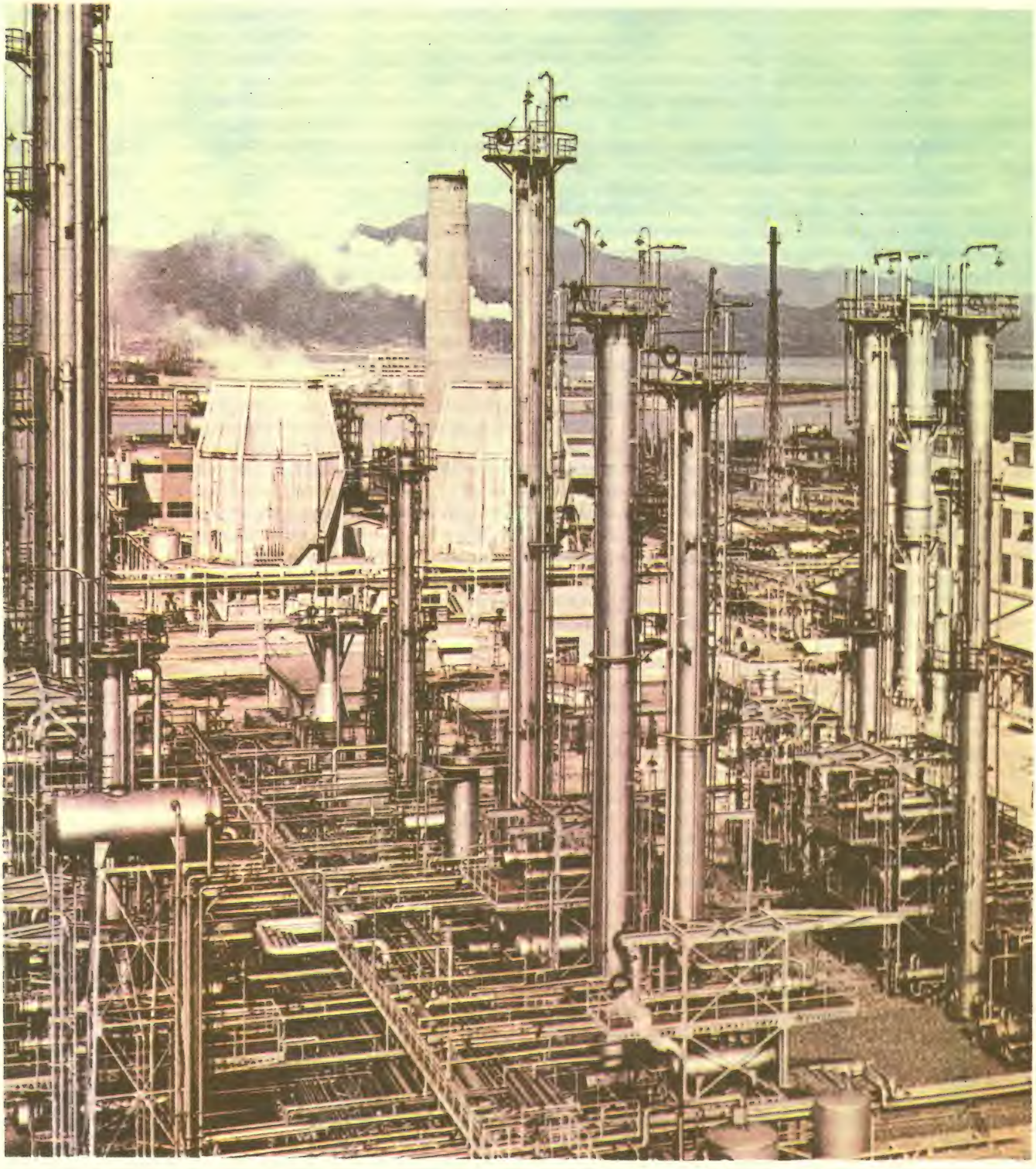
Затем циклогексан следует окислить кислородом воздуха (реакция *окисления*):

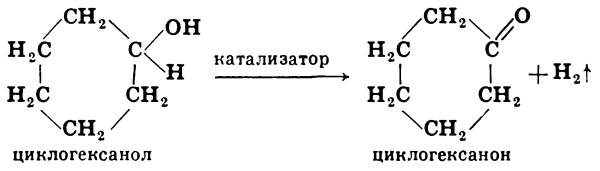


циклогексан — циклогексанол — циклогексанон

Полученный *циклогексанол* переводят в *циклогексанон,* при этом выделяется водород (реакция *дегидрирования*):

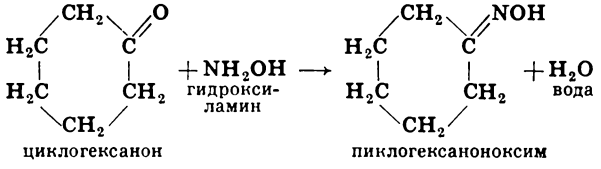
Так выглядит современный химический завод. Людей не видно — только аппараты и трубы. В аппаратах происходят превращения веществ; по трубам подаются вода и пар и перекачиваются продукты. Сложным химическим процессом управляют на расстоянии по строго рассчитанной программе.





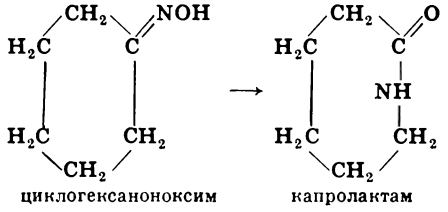
циклогексанол циклогексанон

Циклогексанон соединяют с гидроксиламином, полученным из аммиака, и в результате получается *циклогексаноноксим*, или просто *оксим*:



циклогексанон циклогексаноноксим

Наконец, оксим смешивают с серной кислотой, и его молекула перегруппировывается в *капролактам*:


циклогексаноноксим капролактам

Изобразить ход реакции на бумаге легко. В действительности же каждая стадия процесса требует больших технологических ухищрений.

Сложности начинаются еще даже до начала первой реакции, до первого аппарата, еще на стадии хранения исходных веществ. Завод капролактама — производство мощное, одного только бензола в день расходуется около 60 м³ — это целая цистерна. А подвозить по одной цистерне в день рискованно: вдруг запоздает железнодорожный состав — тут же остановится весь завод. Поэтому завозят сразу по 10—15 цистерн, чтобы обеспечить бесперебойную работу на одну-две недели. Так поступают со всем сырьем, а не только с бензолом. Но бензол имеет неприятную особенность: он замерзает уже при температуре +5,5° С, а твердый бензол из цистерны уже не выкачаешь, поэтому приходится нередко предусматривать специальный «тепляк» — небольшой обогреваемый домик, куда зимой подают цистерну для размораживания.

Другой необходимый компонент — водород возить издалека вообще нельзя: водород — газ; чтобы его превратить в жидкость, надо его сильно сжать и охладить, а это очень дорого и опасно. Поэтому получают водород прямо на заводе или в крайнем случае направляют его по трубам с соседних предприятий непосредственно в *цех гидрирования*, где получают циклогексан.

Основа цеха гидрирования — *толстостенный стальной цилиндр* диаметром 1,5 м и высотой 14 м. Внутри него на полках насыпан катализатор, туда подают пары бензола и водород.

Но бензол нельзя подавать прямо со склада в аппараты, и в цехе создают специальную промежуточную емкость. Далее бензол надо испарять, чтобы его можно было смешивать с водородом,— и ставят *испаритель*. Надо мерить параметры процесса (температуру, давление, массу подаваемого сырья и отводимого продукта) — для этого аппараты оснащают *контрольно-измерительными приборами*. Надо сконденсировать пары циклогексана — ставят *теплообменник*. Наконец, надо перекачивать конечные и исходные продукты реакции — ставят много *насосов*. Поэтому цеховое хозяйство волей-неволей растет, становится сложным и большим, хотя для самой реакции, казалось бы, нужен только один аппарат.

В цех на окисление...

Полученный *циклогексан* — легкая, похожая на бензин жидкость — подается по трубопроводу в следующий цех на *окисление*. Этот цех самый большой и самый сложный. Основная трудность процесса здесь заключается в том, что легко воспламеняющаяся жидкость должна быть окислена кислородом воздуха. Иными словами, нужно провести горение циклогексана, но только медленное, без пламени. И стоит лишь чуть-чуть упустить реакцию, как может начаться пожар, а загоревшийся аппарат, наполненный 20 т циклогексана, пострашнее, чем зажигательная бомба. Поэтому аппараты окисления — а их в цехе 4 или 6 — снабжены множеством приборов, регулирующих плавное течение процесса.

Сам процесс идет следующим образом: в аппарат, залитый горячим циклогексаном, снизу подается воздух под давлением 1,5—2 МПа (15—20 кгс/см²). Он «пробулькивает» через циклогексан, постепенно его окисляя. Сверху в аппарат непрерывно поступает свежий циклогексан, а снизу выходят продукты окисления. Та часть воздуха, которая не вступила в реакцию, т. е. азот, проходит через специальную систему очистки, после чего выбрасывается в атмосферу. Выделяющееся в ходе реакции тепло отводится за счет испарения воды, циркулирующей в змеевиках внутри аппарата. Для окисления применяется

катализатор, но, в отличие от гидрирования, здесь он вводится в реакцию не твердым, а растворенным в самом циклогексане.

Окисление — такой энергичный химический процесс, что в результате его образуются разные вещества. Чтобы удержать реакцию в рамках, не дать циклогексану вспыхнуть, как костер, его приходится гнать через аппарат с большой скоростью. Но в этом случае реагирует лишь его небольшая часть, всего 5%. Непрореагировавший циклогексан выходит вместе с продуктами окисления и после специального разделения возвращается снова в аппарат.

В этих 5%, как ни кратко было окисление, содержится много веществ. В числе прочих есть тут и органические кислоты, и вода, образовавшаяся вследствие частичного разложения циклогексана и окисления его обломков. Это неприятные примеси, и, хотя их немного, приходится тем не менее специально из-за них строить большие отстойники, где можно удалить воду и нейтрализовать кислоты щелочью. Если этого не сделать, кислота на всех последующих стадиях будет разъедать стальную аппаратуру, и, следовательно, надо либо делать аппараты во всех последующих цехах из нержавеющей стали, либо нейтрализовать кислоты. Тогда продукты окисления будут не опасны и для обыкновенной стали, а она значительно дешевле нержавеющей.

Но технологические сложности, рожденные самим инженерным решением процесса, на этом не кончаются. В тех 5% окисленного циклогексана, ради которых проводился процесс окисления, нужных продуктов окисления циклогексана всего $^3/_4$. И это не одно вещество, а два — *циклогексанол* и *циклогексанон*, а нужно для синтеза капролактама только одно вещество — циклогексанон. Поэтому кроме цеха окисления приходится строить еще один цех, где все продукты нужным образом разделяются. Это очень сложная задача. Вообще разделить два вещества, если они смешаны, не так просто. Для этого в химической промышленности используют специальный метод, называемый *ректификацией*.

Самые высокие аппараты

Ректификационные колонны, пожалуй, самые высокие химические аппараты, высота их достигает 42 м — это 14-этажный дом. Выше их на заводе только трубы ТЭЦ и газоочистки. Диаметр ректификационной колонны тоже немалый — до 5 м. Весит каждая такая громадина до 150 т. Всего их в цехе 5—6, и работают они последовательно.

Принцип ректификации состоит в следующем. Если нагревать до кипения смесь двух веществ, то в парах будет больше содержаться того вещества, которое кипит при более низкой температуре. Например, если вскипятить смесь равных количеств воды и спирта, то в парах окажется больше спирта, чем воды, потому что он кипит при 78° С, а вода — при 100° С. Если такой смешанный пар затем сконденсировать, то получится жидкость, в которой спирта больше, чем в исходной смеси. Повторив эту операцию множество раз, можно получить практически чистый спирт.

Чтобы не ставить в цехе сотни испарителей и конденсаторов, ученые и инженеры изобрели ректификационную колонну, в которой оба процесса — *испарение* и *конденсация* — происходят одновременно и многократно. Колонна устроена таким образом: вдоль всей ее оси расположены перегородки, называемые тарелками, в которых имеются отверстия, и над каждым таким отверстием поднимается вверх короткая трубка. На тарелках собирается смесь, которую пытаются разделить. Уровень жидкости определяется высотой трубки — излишек перетекает на нижнюю тарелку. Самый низ колонны — *куб* обогревается мощным *кипятильником* длиной около 5 м. Пары смеси поднимаются вверх по колонне, проходя сквозь трубки в тарелках. На каждом таком «этаже» пары, соприкасаясь с жидкостью, стекающей вниз, все более обогащаются легко летучим компонентом. И к самому верху колонны приходят пары, содержащие в основном именно легко летучий компонент. А продукт, кипящий при более высокой температуре, остается внизу, в кубе. Поднявшиеся вверх пары отводят из колонны, конденсируют в холодильнике и подают на следующую ректификационную колонну — там из смеси выделяют еще один нужный компонент, и так постепенно смесь разделится на все составные части.

Чтобы облегчить разделение веществ, которые имеют слишком высокую температуру кипения, ректификацию проводят в вакууме, т. е. при давлении ниже атмосферного, а следовательно, и при более низкой температуре. Для этого колонну приходится оборудовать еще и вакуумными насосами. Естественно, что такие огромные аппараты, как ректификационная колонна, ни в какое здание не влезут, поэтому их строят прямо под открытым небом, а в помещение прячут только щит управления и насосы. Насосов много: одни качают смесь, другие подают охлаждающую воду, третьи гонят пар, четвертые создают вакуум.

Ректификация — процесс многоступенчатый. Сначала отгоняют легко летучий циклогексан и возвращают его обратно в цех окисления. То, что осталось в кубе колонны, подают на следующий ректификационный аппарат, там отгоняется смесь циклогексанола и циклогексанона. Затем смесь перекачивают еще на одну колонну и уж только там разделяют, причем с большим трудом, потому что температуры кипения циклогексанола и циклогексанона отличаются всего на 5° С.

Чтобы выделить 1 т циклогексанона из продуктов окисления, нужно затратить около 10 т пара и свыше 1000 м^3 холодной воды — вот сколько энергетических ресурсов уходит на операцию, которая даже и не обозначена в самой химической реакции. Эти *дополнительные* процедуры, рожденные технологией, необходимостью иметь дело с большими массами веществ и большими аппаратами, и составляют характерную особенность химической промышленности. Если судить по реакции, приведенной в учебнике химии, завод капролактама, даже самый мощный, должен был бы уместиться на небольшой территории — ну сколько места займут 4—5 мощных химических аппаратов? А на самом деле современный завод простирается приблизительно на 2 км в длину и на 1,5 км в ширину. Во-первых, цехи разрастаются из-за многочисленного *вспомогательного* оборудования, которое нередко занимает больше площади, чем *основные* аппараты. Во-вторых, все цехи и все аппараты внутри цеха должны отстоять друг от друга на определенном расстоянии — из соображений противопожарной безопасности. Кроме того, надо, чтобы машины имели возможность подвезти запасные детали к любому месту, где требуется ремонт, чтобы было где развернуться подъемному крану. В 150-тонной колонне масса отдельных деталей достигает нескольких тонн, их вручную не поднесешь!

Противопожарной безопасности на химических производствах уделяют большое внимание, особенно в таких цехах, как цех *окисления циклогексана*. Здесь предусмотрено автоматическое тушение пожара (см. ст. «Техника тушит пожары»). *Под всеми аппаратами проложены трубы с водой и пенообразующей жидкостью.* Они сконструированы таким образом, что автоматически начинают выбрасывать вверх фонтаны воды и пены, как только температура воздуха около них повысится, скажем, выше 70° С. Одновременно автоматически отключается подача сырья, сбрасывается в аварийную емкость конечный продукт... Словом, все делается для того, чтобы в случае пожара освободить аппараты от горючих веществ в считанные минуты.

И наконец— в капролактам...

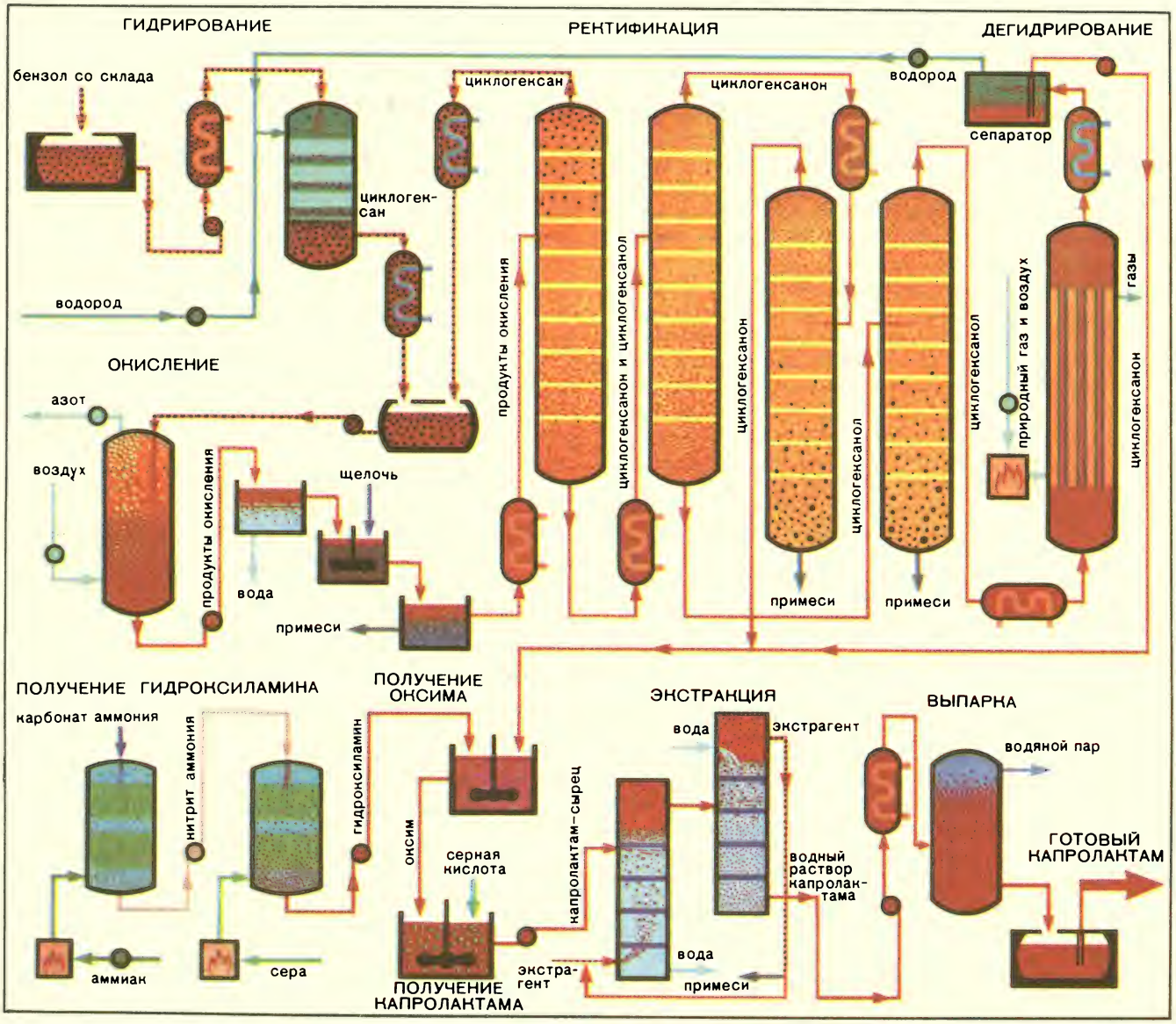
Но вернемся в цех ректификации. Из этого цеха циклогексанол перекачивают насосом в следующий цех, где его подвергают *дегидрированию* (т. е. удаляют водород), превращая в циклогексанон. Аппарат для дегидрирования похож на тот, в котором проводится гидрирование,— это тоже цилиндр, только с трубками внутри. В трубках — *катализатор*, в межтрубном пространстве — горячие газы для подогрева, так как этот процесс требует тепла. В связи с этим возле каждого аппарата ставят печь для сжигания природного газа. А поскольку температура продуктов горения газа слишком высока для процесса, их разбавляют воздухом.

В результате реакции дегидрирования из аппарата выходят смеси циклогексанона и водорода. Водород отделяют, конденсируя циклогексанон, но не выбрасывают его, а возвращают в первый цех на гидрирование бензола. Освобожденный от водорода циклогексанон после еще одной очистки смешивают с циклогексаноном, полученным при окислении, и направляют в следующий цех, где ему предстоит превратиться в капролактам.

Этот цех, последний по счету, объединяет две химические стадии. Одна — реакция циклогексанона с гидроксиламином для получения оксима, вторая — перегруппировка оксима под действием серной кислоты в капролактам. Но, как это уже не раз было, два акта химического взаимодействия обрастают таким количеством дополнительных и вспомогательных операций, что рядом с ними основные реакции как бы отходят на второй план.

Прежде всего нужно получить гидроксиламин. Получают его из аммиака. Аммиак привозят на завод в цистернах либо, если это возможно, подают по трубопроводу с близлежащего аммиачного завода. Основные технологические сложности связаны с превращением аммиака в гидроксиламин. Для этого приходится сооружать *три вспомогательных цеха*. Три цеха для работы одного аппарата — вот где наглядно виден весь масштаб сложности химического производства! Аммиак надо сжечь — и появляется печь. Полученные окислы азота надо соединить с карбонатом аммония, но эта реакция идет только на холоде — и появляется мощный холодильник. Образовавшийся нитрит аммония надо соединить с сернистым ангидридом, а чтобы получить его, надо сжечь природную серу — и вот появляется еще одна печь и заодно сложная установка по очистке отходя-

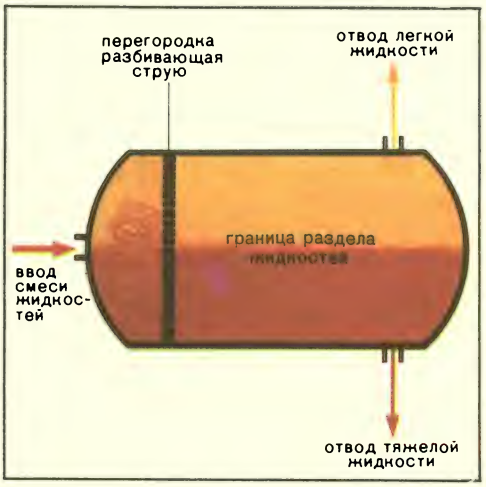
Схема производства капролактама.



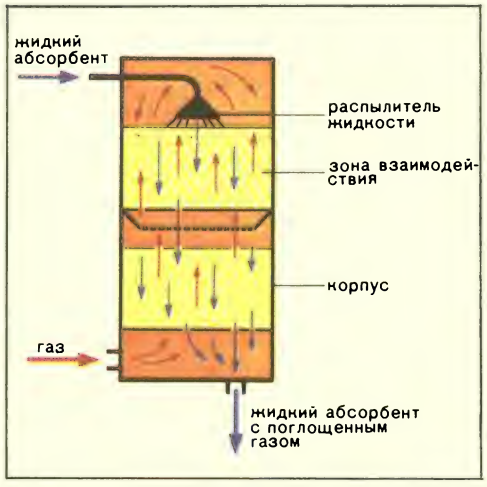
Условные обозначения

- отстойник
- ректификационная колонна
- теплообменник (охладитель)
- емкость
- мешалка
- абсорбер
- теплообменник (нагреватель)
- компрессор
- печь
- экстракционный аппарат
- реакторы
- насос

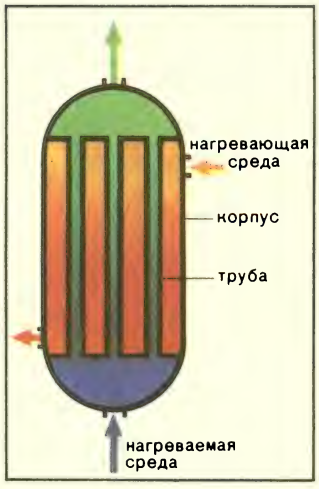
Отстойник. Здесь происходит разделение двух жидкостей, имеющих разный удельный вес.

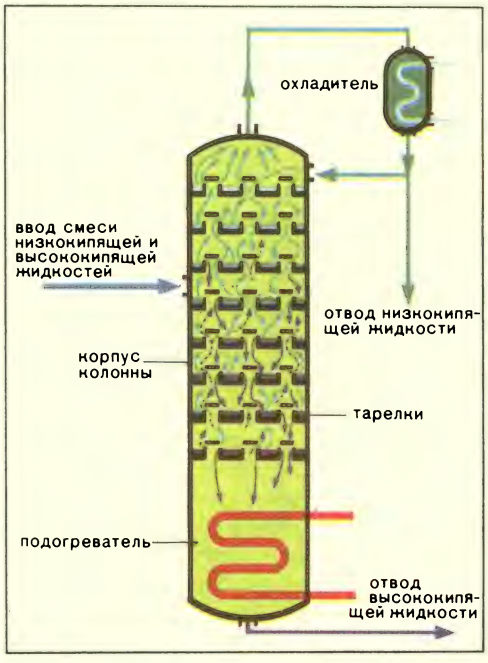


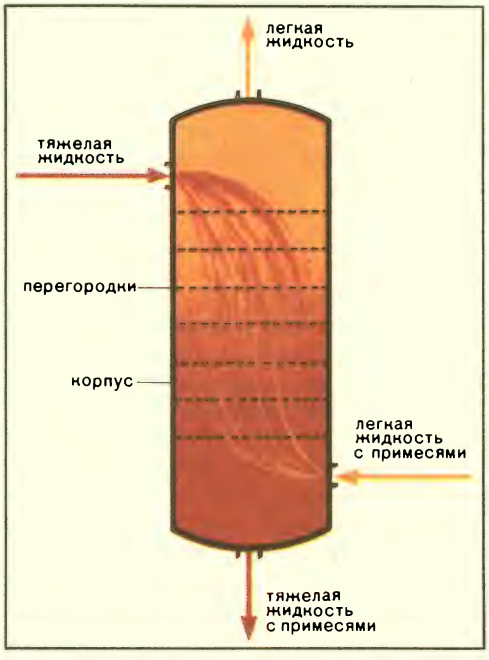
Абсорбер. Аппарат для растворения газа в жидкости. Для этого жидкость — абсорбент — распыляют на мелкие капли, которые легко поглощают газ.



Теплообменник. Аппарат для подогревания и охлаждения химических веществ. Нагревают вещества чаще всего паром, а охлаждают — водой.







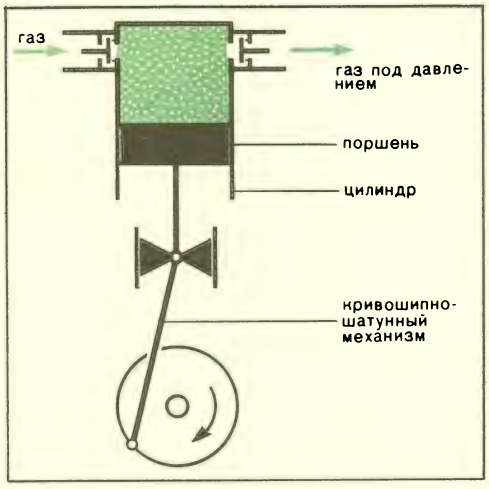
Слева: ректификационная колонна. Один из самых высоких химических аппаратов. Он применяется для разделения двух смешанных жидкостей, отличающихся друг от друга только температурой кипения. *Справа:* экстракционная колонна. В ней происходит отделение примесей от основного вещества. Для разделения используют жидкость, отличающуюся от основной жидкости удельным весом и хорошо растворяющую примеси.

щих газов и стометровая труба, чтобы защитить окружающую среду от окислов серы. А сама реакция с сернистым ангидридом идет при 0° С — и появляется еще один холодильник. И еще две стадии надо пройти, пока не получится в конце концов желанный гидроксиламин.

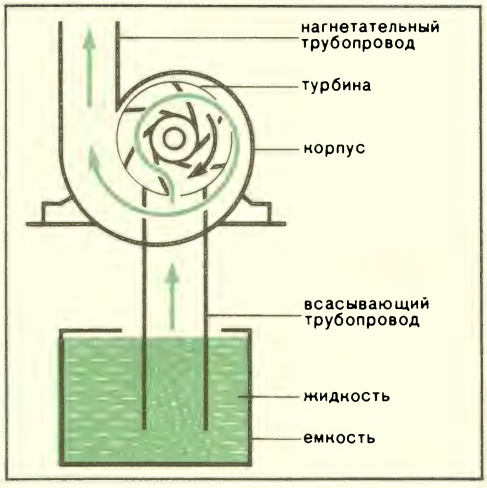
После всего этого основная реакция — соединение гидроксиламина с циклогексаноном — кажется очень простой. Она идет при обычной температуре, в водной среде, в самом обычном аппарате с мешалкой, не надо ни компрессоров, ни подогревателей. Получаемый на выходе оксим без всякой очистки сразу же подают в другой аппарат, куда поступает серная кислота. Она нужна здесь для того, чтобы вызвать в молекуле оксима внутреннюю перегруппировку атомов, в результате которой и образуется капролактам.

Но процесс на этом не кончается: предстоит еще одна технологическая операция — *очистка продукта*. От чистоты капролактама зависят все важнейшие свойства будущего капронового волокна — прочность, способность к ровному окрашиванию, стой-

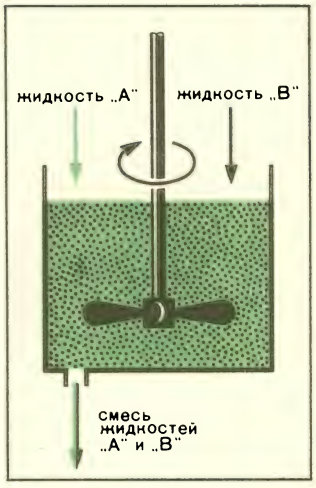
Насос перекачивает жидкости. Очень распространенный аппарат.



Компрессор сжимает газ и подает его под давлением в другие химические аппараты.



Мешалка. Аппарат для перемешивания двух различных жидкостей.



кость на свету. Количество примесей не должно превышать 1 часть на 100 тыс. частей капролактама. Чтобы добиться такой высокой очистки, приходится ставить специальные установки, где капролактам подвергается *экстракции,* т. е. *извлечению.* Капролактам получается при перегруппировке оксима в виде водного раствора; если добавить в этот раствор бензол, капролактам растворится в нем, а примеси останутся в воде. Экстракция много проще ректификации, поскольку она не требует нагревания, а идет при нормальной температуре. Тем не менее аппараты для экстракции — это колонны диаметром 1,5 м и высотой 15 м! Обычно на заводе таких *экстракторов* два. В одном капролактам извлекают бензолом из водного раствора, в другом — водой из бензола. Делается это, во-первых, чтобы освободиться от органических примесей, которые могли перейти в бензол вместе с капролактамом, обратно в воду они уже не перейдут; а во-вторых, чтобы легче было получить готовый продукт — из водного раствора его можно получить выпариванием.

В конце концов образуется расплав капролактама с температурой плавления 68—69° С. Расплав нагревают примерно до 90° С и в таком виде заливают в цистерны с тепловой изоляцией. Если теплоизоляция достаточно тщательно сделана, капролактам не затвердевает за те 7—8 суток, что он находится в пути к потребителям, к заводам, на которых он превратится в ценные предметы массового потребления: в капроновые ткани или чулки, сети или канаты, брезент или корд для покрышек авиационных или автомобильных колес и многие другие изделия.

Конечно, можно охладить капролактам, измельчить его и везти к потребителю в виде порошка или гранул. Так, кстати, и делают, когда отсылают его на экспорт в другие страны,— расстояние в этом случае велико и расплав застыл бы по дороге. Но там, где можно, лучше иметь расплав, потому что на заводах, изготовляющих капроновые изделия, капрон получают именно из расплавленного капролактама.

Теплоизоляция на химических предприятиях вообще имеет большое значение. Почти все аппараты стоят прямо под открытым небом, зимы у нас в стране холодные, а химические процессы требуют строго определенной температуры. Кроме того, аппараты и цехи расположены далеко друг от друга, и вещества транспортируются по трубам, поэтому приходится заботиться и о теплоизоляции трубопроводов. Обычно теплоизоляцию делают из шлаковой ваты или стекловолокна, сверху закрывают ее жестким кожухом. Кожух разъемный, чтобы можно было легко отремонтировать в случае необходимости поврежденный участок аппарата или трубопровода.

Как получают серную кислоту

Производство капролактама позволило нам познакомиться с одним из современных химических заводов. А теперь мы расскажем о получении другого важнейшего химического вещества — *серной кислоты.*

Без серной кислоты в наши дни не может обойтись ни одна отрасль промышленности. Огромные количества серной кислоты применяются в произ-

водстве удобрений, при очистке нефти, для обработки кожи и, как мы видели, при получении капролактама.

Особенность производства серной кислоты — это применение аппаратов большой производительности. Для выработки миллионов тонн серной кислоты, необходимой нашей стране, применяют аппараты, перерабатывающие до 500 т сырья в сутки, а это не меньше 10 вагонов. А сейчас разрабатываются проекты аппаратов в 2 и 3 раза более мощных.

Сырьем в производстве серной кислоты служат природные соединения, в которых атомы серы связаны с железом, цинком или другими элементами. Природное сырье после отделения от ненужной породы размалывают и подают на сжигание. В случае применения серного колчедана при сжигании образуется сернистый ангидрид и окись железа:

$$4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 8SO_2 + 2Fe_2O_3$$

Сернистый ангидрид получают при температуре 450—550 °С в печах, выложенных изнутри огнеупорным кирпичом. В печь вдувают раздробленный колчедан и нагретый воздух, а полученный сернистый ангидрид охлаждают и очищают от примесей.

Образующаяся при реакции окись железа не является пустым балластом, ее непрерывно выгружают из печи и отправляют на металлургический завод для выплавки чугуна.

Сернистый ангидрид получается также в виде побочного продукта — например, при выплавке меди из серного колчедана. Отходящие сернистые газы улавливают, чтобы они не отравляли окрестности, и направляют их на дальнейшую переработку.

Тепло горячего сернистого газа используется для испарения воды и получения пара, обогревающего другие аппараты этого производства. Количество пара, получаемого от одной печи даже среднего размера,— 10 т/ч.

На следующей стадии производства сернистый ангидрид подвергают повторному окислению для получения серного ангидрида. Эта реакция идет при температуре 440° С только в присутствии катализаторов, изготовленных на основе платины или ванадия, по уравнению:

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$

Смесь сернистого газа и воздуха подается в реактор, где на нескольких решетчатых полках расположен катализатор.

На последней стадии проводится поглощение серного ангидрида водой по реакции:

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

Взаимодействие проводится в аппарате, напоминающем внешне башню. Чтобы улучшить контакт между газом и стекающей сверху водой, башню заполняют насадками в виде небольших колец различной формы. Серная кислота собирается в нижней части аппарата и откачивается насосом в емкости склада готовой продукции.

Потребителям — заводам, которые производят удобрения, очищают нефть, выделывают кожу, и многим, многим другим — серную кислоту привозят по железной дороге в цистернах из нержавеющей стали.

Изделия из газа

На заводах пластмасс и резиновых изделий изготовляют продукцию, которая не нуждается в дальнейшей переработке и может сразу поступать в магазины. На этих заводах из дешевого химического сырья — природного газа, отходов переработки нефти — изготовляют непосредственно изделия. Это детали станков и моторов, радиоприемников и телевизоров, корпуса лодок и катеров, изоляция для электрических проводов и покрытие для мебели, посуда и различные пленки — всего и не перечислишь... Широко применяются и резиновые изделия. Из резины делают автомобильные шины и обувь, спортивное оборудование, шланги и тысячи других вещей.

Внешне завод пластмассовых изделий напоминает завод капролактама. Газы (этилен, пропилен) или жидкие продукты (стирол, формальдегид) поступают на завод по трубам или в железнодорожных цистернах. Затем сырье полимеризуют, т. е. из многих небольших молекул получают огромные молекулы. Например, для получения твердого полиэтилена берут газообразный этилен и подают его под давлением в стальной аппарат — *реактор полимеризации*. Там с помощью катализатора получают полиэтилен в виде порошка. Затем порошок полиэтилена нагревают, придают нужную форму и получают изделие. Это делают на *литьевой машине*. Разогретую массу полиэтилена вдавливают в пресс-форму; внутри ее имеется свободное пространство, соответствующее форме нужного изделия. Теперь осталось только охладить — и готовое изделие вынимают из машины.

Современные литьевые машины за каждый час могут изготовить более 100 таких изделий, как вед-

ро, руль автомобиля и т. д. А таких мелких деталей, как, например, стекло заднего фонаря автомобиля,— до 1000 штук в час. Процесс сборки и разборки пресс-формы автоматизирован. Кроме того, за соблюдением технологии процесса следят автоматические регуляторы давления и температуры.

На литьевой машине можно за короткое время получить детали очень сложной формы. Если бы такие изделия делали из металла, потребовалось бы значительно больше труда и затрат времени.

Особое оборудование применяют для получения различных труб. Порошок полиэтилена засыпают в аппарат, работающий вроде огромной мясорубки. Только у этой «мясорубки» корпус обогревается паром или электрическими спиралями и вместо решетки, через которую у настоящей мясорубки проходит мясо, установлена пластина с кольцевым отверстием. Из этого отверстия непрерывно выползает полиэтиленовая труба. Поставив пластину с меньшим или большим отверстием, мы получим трубы другого диаметра.

Значит, для того чтобы на заводе пластмасс изменить вид изделий, не надо менять оборудование, что приходится делать на заводах, выпускающих металлические детали, достаточно изменить штамп, пресс-форму, пластину.

Как очищают сточные воды

Что происходит с водой, которую используют для своих нужд заводы и фабрики, химические комбинаты? С водой после стирки, мытья рук, посуды?

Если отводить эту воду назад в реки, не очищая, то реки погибнут. А вместе с ними погибнет целый мир: рыбы, птицы, прибрежные леса. Не случайно в нашей стране принят особый закон о воде, который сурово карает всех, кто виновен в загрязнении рек и водоемов.

Чтобы защитить природу, во всех городах строят *канализационные станции*. Там часто очищают вместе бытовые и промышленные сточные воды. Одна из лучших таких станций построена в г. Северодонецке, где находится гигантский химический комбинат. Вот как она работает.

На станцию приходит сточная вода из химкомбината и города. Трудно перечислить все загрязнения, которые она несет в себе: здесь и тряпье, и растворы, и белки, и фекалии, и песок, и шлак, и многое другое.

На станции прежде всего удаляют крупные загрязнения. Для этого сточную воду пропускают через специальные решетки. Они не только задерживают всяческий мусор, но даже дробят его. Задержанный на решетках мусор вывозят на свалку.

Потом из воды удаляют самые тяжелые примеси — песок и шлак. Для этого сточные воды направляют на первые очистные сооружения — *песколовки*. Это длинные железобетонные резервуары. Вода бежит по ним очень быстро, и самые тяжелые вещества — песок и шлак — успевают осесть на дно.

Освободившись от песка и шлака, вода устремляется к наиболее многочисленным сооружениям станции — *отстойникам*, по форме похожим на громадные кастрюли.

Между отстойниками располагается самое главное сооружение станции, похожее на плавательный бассейн,— *аэротенк*. Вода перебегает в нем с одной дорожки на другую и постоянно перемешивается с воздухом. В аэротенке удаляются растворенные в воде органические вещества. Для этого там содержатся полчища бактерий — инженеры называют их *активным илом*. Их так много, что внешне они действительно похожи на плавающий в воде ил. Бактерии жадно пожирают органические загрязнения — для них это лучший корм. Чтобы они не задохнулись и постоянно перемешивались с водой, в аэротенк подают воздух. В результате растворенные органические вещества переходят в бактерии, активного ила становится все больше, а загрязнений все меньше. Избавиться же от активного ила очень просто — он тяжелее воды и легко осаждается в отстойнике. Часть ила из отстойника вновь подают в аэротенк, а часть высушивают и используют как удобрение.

На большинстве канализационных станций на этом очистка кончается. Очищенную воду хлорируют, чтобы убить болезнетворные бактерии, и сбрасывают в реку.

Но в г. Северодонецке решили по-другому. На станции вырыли 2 громадных пруда и направили туда воду из отстойников. В прудах поселили карпов, уток и даже черных лебедей. А поблизости живут кабаны, черно-бурые лисы, песцы, соболи. Все едят рыбу, выращенную в прудах. И все живы-здоровы. Такой «зоопарк» на станции не обычный, а экспериментальный. Он поможет ученым ответить на вопрос: можно ли в городах сточную воду превращать в водопроводную или нет?

Воду из прудов г. Северодонецка забирают насосами, фильтруют и снова пускают в производство. Так вода и ходит по кругу: комбинат — станция — снова комбинат. И только очень небольшая часть воды сбрасывается из прудов в Северный Донец.

Химический завод — автоматизированное предприятие

Производства капролактама и серной кислоты позволили нам познакомиться с двумя современными химическими заводами. Есть заводы поменьше, есть побольше, но на каждом из них все равно используются те же самые, что и на этих двух, основные технологические операции: транспортировка исходных веществ, создание давления или вакуума, нагрев аппаратов или охлаждение, перемешивание или циркуляция, введение катализаторов — твердых или растворенных, очистка веществ, разделение их ректификацией, испарение и конденсация, измельчение твердых веществ и т. п. Во многом схожи и химические аппараты, применяемые на разных производствах. Они могут отличаться размерами, материалом, изоляцией, но конструкций их не так уж много: трубчатые, тарельчатые, в виде колонн или в виде баков, с подачей веществ снизу или сверху и т. д.

Схоже и управление химическими процессами — все максимально автоматизировано: чуткие датчики следят за малейшими изменениями давления, температуры, состава. В случае каких-то отклонений автоматы мгновенно выравнивают процесс, увеличивают или уменьшают подачу пара или охлаждающей воды, усиливают или ослабляют работу компрессоров или вакуум-насосов, ускоряют или замедляют подачу реагентов.

Когда-то, на заре индустриализации, многие химические процессы велись на глазок. Сейчас буквально каждый шаг происходящих реакций контролируется с помощью точных анализов. В каждом цехе, наряду с автоматическими анализаторами, есть еще и аналитические лаборатории, куда регулярно доставляются пробы веществ.

На современном химическом заводе есть и своя железнодорожная станция, и своя пожарная команда, и склады, и ТЭЦ, и цехи холода, и цехи водоподготовки... Кроме химиков — рабочих, техников, инженеров — там трудятся строители, монтажники, изолировщики, механики, слесари, токари, теплотехники, холодильщики, специалисты по водоснабжению, по очистке воздуха и воды и люди еще многих других профессий.

Другая особенность химических производств — их кооперация. Как правило, отдельные заводы стремятся объединиться в комбинаты. Дело не только в том, что можно сэкономить на общих службах — транспорте, получении воды, пара; дело еще и в том, что многие вещества, получаемые в ходе какого-нибудь синтеза как побочные, являются основным сырьем для других химических производств. И тогда выгодно размещать рядом заводы, использующие продукцию или отходы производства своих соседей.

Драгоценный... алюминий

Знаете ли вы, что в середине прошлого века алюминий, из которого сегодня делают кастрюли, ложки, кружки и другие предметы обихода, считался чуть ли не самым дорогим и редким металлом — он ценился дороже золота.

Императором Франции в то время был Наполеон III — «маленький племянник великого дяди», как называли его. Большой любитель пустить пыль в глаза, он устроил однажды банкет, на котором члены монаршей семьи и наиболее почетные гости были удостоены высокой чести — есть алюминиевыми ложками и вилками. Гости же попроще вынуждены были пользоваться обычными (для императорских банкетов, разумеется) золотыми и серебряными приборами. Конечно, им было обидно, но что поделаешь, если даже император не мог тогда обеспечить каждого гостя алюминиевыми приборами.

Проделки матушки-зимы

В самом начале XX в. в Петербурге на складе военного оборудования произошла скандальная история: во время ревизии к ужасу интенданта выяснилось, что оловянные пуговицы для солдатских мундиров исчезли, а ящики, в которых они хранились, доверху заполнены серым порошком. И хотя в помещении склада был лютый холод, горе-интенданту стало жарко. Еще бы: его, конечно, заподозрят в краже, а это сулит тюрьму. Спасло беднягу заключение химической лаборатории, куда ревизоры направили содержимое ящиков: «Присланное вами для анализа вещество, несомненно, олово. Очевидно, в данном случае имело место явление, известное в химии под названием «оловянная чума». На морозе блестящий белый металл олово сначала становится тускло-серым, а затем рассыпается в порошок.

Строительство

Что такое строительство

Человек меняет лицо Земли

В нашем языке существует немало слов, имеющих несколько значений. «Строительство» — одно из таких слов.

Мы говорим: «Значительную долю продукции, производимой в нашей стране, дает сегодня строительство» — и видим за этим словом гигантскую отрасль народного хозяйства, превратившую нашу огромную страну в строительную площадку небывалых размеров.

Мы говорим: «На Волге заканчивается строительство автогиганта»,— подразумевая при этом, что завершается сложный и трудоемкий процесс возведения различных зданий и сооружений и оснащения их оборудованием и машинами, необходимыми для изготовления современных автомобилей.

Словом «строительство» мы называем и самостроящееся здание или сооружение, и то место, где оно строится, и род занятий строителей... Очень емкое слово.

А главное — очень важное. Потому что без строительства невозможно представить себе нашу сегодняшнюю жизнь.

На снежной северной зимовке людей спасает от мороза и пурги теплый домик экспедиции. У экватора здания прячут людей от палящего солнца или ливней. По автострадам, мостам, тоннелям вереницы автомашин везут людей на работу — в цехи и лаборатории, на учебу — в школы и институты. По железнодорожным путям грохочут поезда, мчат людей и грузы в новый город в Заполярье или к курорту у теплого моря. Всюду окружают человека, кроме лесов и полей, рек и гор, дома, города, дороги. Окружает его как бы вторая природа, созданная его собственными руками, удобная для жизни *искусственная среда*.

Созданием этой искусственной среды и занимается та огромная отрасль человеческой деятельности, которая называется «строительство».

Машины и масштабы

Более 1000 новых городов выросло за годы Советской власти, возведены десятки тысяч промышленных предприятий, сооружены сотни тысяч школ, кинотеатров, десятки миллионов квартир.

Таких огромных масштабов и высоких темпов строительства не знала ни одна предшествующая эпоха. Каждый год мы выполняем строительных работ на 5—7% больше, чем в предыдущем, и строители продолжают наращивать темпы. Это стало возможным благодаря тем изменениям, которые произошли в строительстве за годы Советской власти.

Главные среди них — индустриализация строительного производства, механизация строительства,

максимальная замена всех видов ручного труда машинным.

Сегодня с помощью машин выполняют почти все тяжелые строительные работы: роют и перемещают грунт, приготавливают и укладывают бетонную смесь, транспортируют и монтируют многотонные конструкции. Машины облегчают труд людей и на других работах — помогают штукатурить и красить, сваривать металл, завинчивать гайки и забивать гвозди.

Широкое применение машин позволило по-новому организовать строительное производство. Самое сложное и трудоемкое в строительстве — изготовление конструкций, элементов будущих построек,— как правило, выполняется сегодня в заводских условиях, на конвейере. Тысячи специальных заводов, сотни домостроительных комбинатов снабжают сегодня стройки конструкциями, деталями и материалами. А на строительной площадке стремятся оставить только процессы сборки и монтажа готовых элементов.

Изменилось и многое другое: разработаны новые, высокопрочные, легкие и долговечные строительные материалы и конструкции, усовершенствованы способы выполнения многих строительных работ, возникли новые методы строительства, более быстрые, более дешевые, требующие меньших затрат труда и времени.

Все это позволило почти в 40 раз увеличить, по сравнению с дореволюционным временем, объем строительства в стране и резко повысить производительность труда строителей.

Современное строительство — это высокоиндустриальная, гигантская по своему размаху, по масштабам и по своему значению отрасль человеческой деятельности.

Первые постройки человека: примитивные заслоны от ветра, землянки, шалаши и хижины — такие, как в этой затерявшейся в тропических джунглях деревушке,— мало отличались от окружавшей их природы и друг от друга.

Что мы строим

От простого к сложному

Было время, когда люди умели строить только жилища. Обычно они служили одновременно и хозяйственными постройками (в них хранили зерно, держали скот), и оборонительными сооружениями, и производственными помещениями, где занимались нехитрым ремеслом тех времен.

Шли века. Все сложнее и многообразнее становилась человеческая деятельность, разнообразнее постройки. Люди стали сооружать специальные загоны для скота, благоустраивать места для торговли, общественных собраний. Поначалу это были довольно примитивные сооружения, мало отличающиеся по размерам и способу строительства от жилых построек. И прошли тысячелетия, прежде чем простейшая запруда превратилась в гигантское гидротехническое сооружение, деревенская кузница — в сложный промышленный комплекс, хижина — в многоэтажный жилой дом.

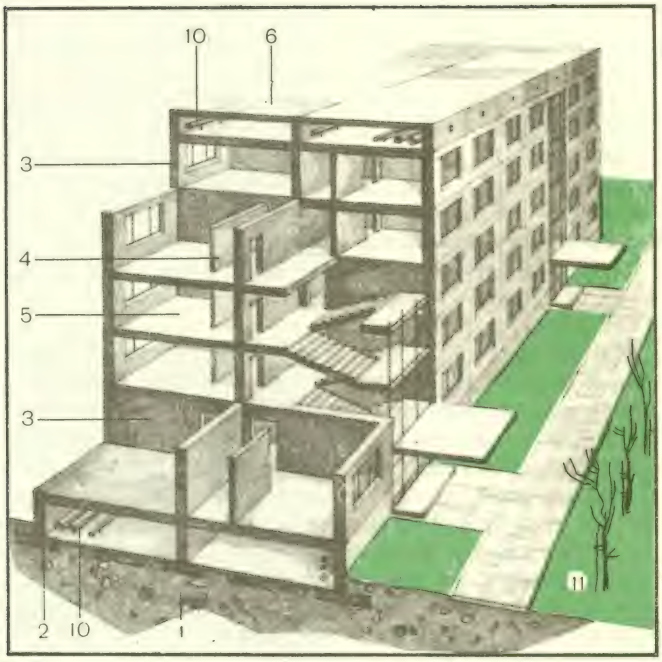
Здания и сооружения

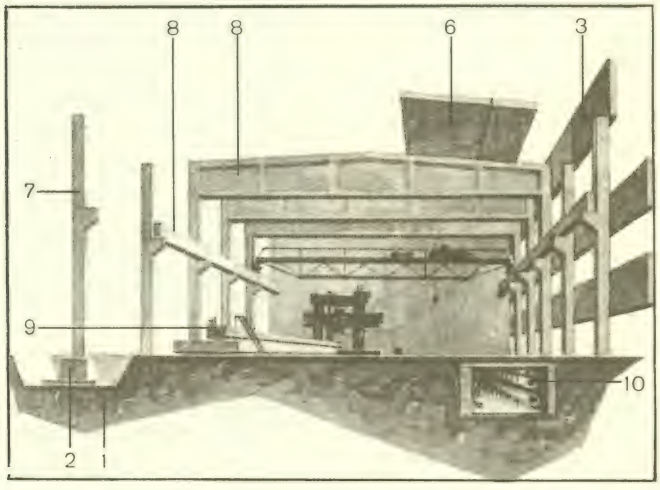
Все объекты современного строительства условно делят на 2 крупных класса: *здания* и *сооружения*.

К зданиям относятся постройки, в которых люди живут, работают, учатся, отдыхают. В зданиях совершаются производственные процессы, иногда даже без присутствия человека. Так работают турбины и электрогенераторы в машинных залах электростанций, автоматические линии в цехах современных заводов. Основное назначение зданий чаще всего состоит в том, чтобы защитить, изолировать находящихся в них людей, предметы, а во многих случаях

Современные строительные объекты так сильно отличаются друг от друга по форме, назначению, способу строительства, что их приходится делить на большие группы. На снимках представлены основные объекты современного строительства, относящиеся к различным группам: *в левом ряду сверху вниз* — жилые и общественные здания; промышленные постройки; гидротехнические сооружения; *в правом ряду сверху вниз* — сооружения для транспорта; сооружения и здания для связи, радио и телевидения; сельскохозяйственные постройки.

Разное назначение делает непохожими многие здания и сооружения, как непохожи показанные в разрезе многоэтажный жилой дом *(вверху)* и одноэтажное промышленное здание *(внизу)*. Однако все они, в тех или иных сочетаниях, состоят из одних и тех же частей — конструктивных элементов: оснований *1*, фундаментов *2*, стен *3*, перегородок *4*, перекрытий *5* и покрытий *6*, оборудования *9*, инженерных коммуникаций *10* и элементов благоустройства *11*. В некоторых постройках главной несущей конструкцией является каркас, состоящий из колонн *7* и балок *8* — иногда их называют ригелями каркаса.





машины и станки от дождя, снега, ветра, чрезмерной жары или холода.

Сооружения предназначены обычно для решения каких-либо технических задач. Плотина сдерживает напор воды, доменная печь предназначена для выплавки чугуна, по мосту движется транспорт и т. д.

Разница в назначении нередко делает совершенно непохожими постройки даже одного класса.

Сравните между собой многоэтажный жилой дом и одноэтажный промышленный цех. И то и другое — здания. Но в первом — множество отдельных комнат и других помещений, связанных между собой коридорами и лестницами. Дом пронизан *коммуникациями* — так строители называют сложную систему труб, по которым в каждую квартиру подается газ, горячая и холодная вода, и проводов, по которым поступает электроэнергия.

Промышленный цех — обычно единое помещение, в котором в строгом порядке размещены станки и другое оборудование. Цех в 3—4 раза выше, чем этаж жилого дома, ширина его измеряется десятками, длина — сотнями метров, а иногда и километрами. Конструкции цеха выдерживают не только вес людей и оборудования, но и вес мостовых кранов, которые перемещают тяжелые грузы, передвигаясь вдоль цеха под потолком.

Неудивительно, что размеры, форма и вес конструкций, из которых возводят жилые и промышленные здания, совершенно различны. А это означает, что для их возведения требуются разные материалы, различные способы выполнения работ и строительные машины и механизмы. Иными словами, здания разного назначения приходится строить по-разному.

Не только отличия

Однако даже у самых разных по назначению зданий много общего.

Так, здания имеют *фундаменты* — подземные опоры. Фундамент передает вес постройки и находящихся в ней людей и оборудования на грунт (*основание,* как его называют строители).

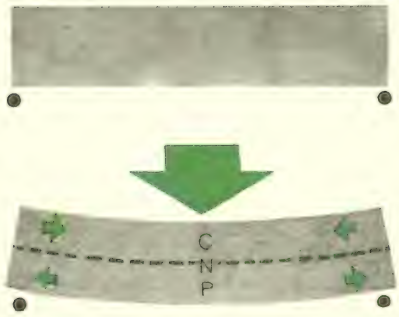
На фундамент обычно опираются *стены*. Они отделяют внутренний объем здания от внешнего пространства и разделяют его на отдельные помещения. На стены опираются междуэтажные *перекрытия* — в этом случае стены называются *несущими* и делаются из прочных материалов. Над самым верхним этажом здания устраивают *покрытие,* по которому укладывают *кровлю*.

В некоторых случаях междуэтажные перекрытия опираются не на стены, а на *колонны* — вертикальные стойки, установленные на фундаменты и соединенные между собой на уровне каждого этажа *балками*.

Колонны и балки образуют *несущий каркас* здания. К нему крепятся стены и перегородки, на него опираются и междуэтажные перекрытия. Такие здания называются *каркасными*.

Те части здания, которые отделяют помещения от внешней среды или друг от друга, называют *ограждающими* — это стены и перегородки, междуэтажные перекрытия, покрытия и кровли. Важные элементы всякого здания — окна, двери, лестницы.

При изгибе верхняя часть балки *C* сжимается, а нижняя часть *P* растягивается. Эти части балки испытывают самые большие напряжения, сильнее всего сопротивляются изгибающей нагрузке. А между ними находится нейтральная зона *N* — тут самые маленькие деформации и наименьшие напряжения.



Неотъемлемую часть любого современного здания составляет *инженерное оборудование,* его также монтируют строители. Иногда такое оборудование является как бы частью строительных конструкций; это, например, размещенные в стенах отопительные приборы. Но в большинстве случаев инженерное оборудование — это самостоятельные сложные системы, состоящие из многочисленных трубопроводов и приборов управления и контроля. Одни из них подают горячую и холодную воду, пар, газ, свежий воздух. Другие предназначены для удаления отбросов — это мусоропроводы и канализация. Третьи решают задачу связи — и с внешним миром, и внутри здания — радиотелефонная и телевизионная сети. Наконец, четвертые создают удобства человеку — это эскалаторы, лифты. В последнее время все чаще устраиваются системы кондиционирования, снабжающие помещения чистым воздухом нужной влажности и температуры; обычные системы отопления и вентиляции в этом случае уже не нужны.

Разумеется, не все здания оборудуются сразу всеми инженерными системами: их выбор определяется конкретным назначением здания.

Кроме того, многие здания имеют специальное, так называемое *технологическое, оборудование:* в кинотеатрах и клубах устанавливается киноаппаратура, в столовых и ресторанах — кухонные и моечные машины, плиты, холодильные установки, в промышленных цехах — станки и т. п. Но и это еще не все.

Прилегающую к зданию территорию надо благоустроить: проложить подъездные дороги и инженерные сети — водопроводную, газовую и другие, разбить газоны и площадки. Это тоже делают строители.

Как видите, современное здание — это сложный комплекс конструкций и оборудования.

Таким же сложным комплексом является и любое сооружение. Но даже в самых разных сооружениях есть общие элементы, и основные из них такие же, как и в зданиях: фундаменты, перекрытия, покрытия и т. д. Как и в зданиях, набор отдельных элементов сооружения зависит от его назначения и условий использования. Однако строительство многих сооружений, например гидротехнических, гораздо сложнее, чем зданий, из-за их гигантских размеров, уникальности, особых технологических требований.

Конструкции

Нагрузка и прочность

Как правило, наиболее трудоемкая часть строительного процесса — возведение строительных конструкций. А как именно и из каких материалов их надо изготовлять, зависит от того, каково назначение конструкций и как они, по выражению строителей, «работают».

...По перекинутой через канаву доске уверенно пройдет человек, доска только немного прогнется. Но если тот же человек пойдет по той же доске, толкая перед собой тачку с грузом, доска может сломаться, не выдержав увеличившейся *нагрузки.*

Почему это происходит?

Под воздействием нагрузки форма конструкции изменяется *(деформируется),* и чем сильнее это воздействие, т. е. чем больше нагрузка, тем бóльшие бывают деформации. До определенного момента происходит так: если нагрузку убрать, конструкция принимает свою первоначальную форму: например, прогнувшаяся доска выпрямится, когда человек сойдет с нее. Оказывается, под внешними воздействиями в материале возникают внутренние *напряжения,* которые активно им сопротивляются, и при прекращении действия нагрузки первоначальная форма конструкции восстанавливается. Но если напряжения в материале превышают его возможности к сопротивлению, иными словами его прочность, конструкция разрушается. Как этого избежать?

Можно, например, положить вместо доски толстый брус — прочность нашего простейшего мостика станет значительно больше, потому что увеличится количество воспринимающего внешнее воздействие

Веками люди отрабатывали изобретенные в глубокой древности виды конструкций. Сначала преобладали однородные по нагрузкам и материалам конструкции, зачастую массивные. Простейшие каркасные *(вверху слева)* и стоечно-балочные системы *(в середине слева)* делались сначала деревянными, позднее стойки и балки стали делать из камня *(внизу слева)*. Из камня и кирпича выкладывали арки и своды *(вверху справа)*, купольные покрытия древних храмов *(внизу справа)*.

материала. Можно выбрать более прочный материал — металл или железобетон. Ведь способность к сопротивлению внешним воздействиям у разных материалов неодинакова (вспомните, насколько легче порвать бумажную веревочку, чем медную проволоку той же толщины). Наконец, прочность в большой степени зависит и от формы конструкции. Всем известно, что доска, поставленная на ребро, способна воспринимать значительно бóльшую нагрузку, чем та же доска, положенная плашмя.

Нагрузки бывают самые разнообразные: постоянные и временные, действующие в одном или нескольких направлениях, одновременно или в разное время; одни из них раскачивают сооружение, другие скручивают, третьи изгибают...

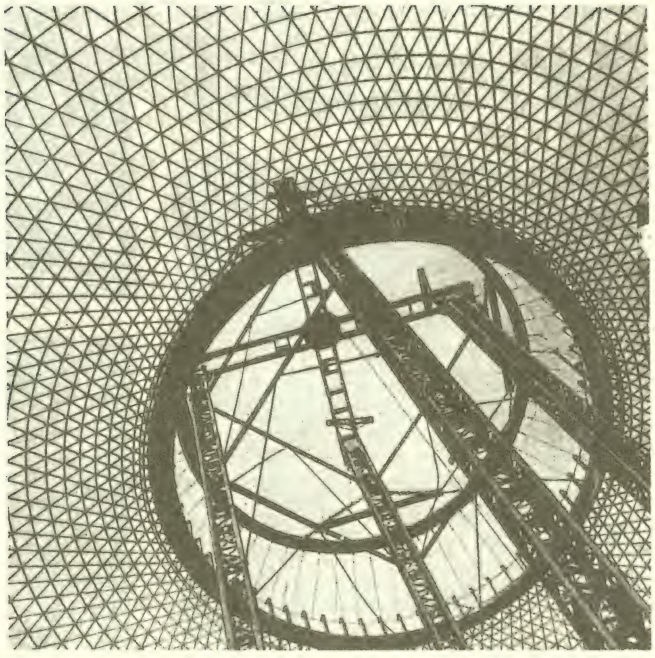
Если же учесть, что при выборе формы, размеров и материала будущей конструкции обязательно надо помнить о ее надежности, долговечности, экономии стройматериалов, удобстве выполнения работ и т. д., станет понятно, как трудно создать хорошую строительную конструкцию.

Опыт и расчет

Когда-то строители решали такие задачи только на основании собственного опыта, не пользуясь специальными справочниками и таблицами. Пробовали разные материалы, разные конструкции, отбрасывали неудачные решения, вырабатывали эмпирические (основанные на опыте) правила конструирования, передавая от отца к сыну, от мастера к ученику секреты профессии, постепенного уменьшения расхода строительных материалов.

В наши дни точный расчет в сочетании с применением целесообразных для изготовления каждой конструкции материалов позволил довести до боль-

Современная наука усовершенствовала старые конструктивные решения, предложила множество новых. Сегодня происходит «разделение труда» между различными материалами и конструкциями и все они работают по «своей узкой специальности». Мощный каркас многоэтажного здания *(вверху слева)* несет основные нагрузки; железобетонные складки *(внизу слева)* перекрывают стометровые пролеты; металлические конструкции позволили намного увеличить пролеты зданий *(вверху справа)*, а подвесные конструкции позволяют делать мосты с километровым шагом опор *(внизу справа)*.



шого совершенства давно известные строителям конструктивные формы. Современные купольные покрытия, своды и оболочки по своему решению превосходят самые смелые проекты прошлого. Средняя толщина железобетонного купола над зрительным залом театра в Новосибирске — всего лишь 8 см, или $^1/_{750}$ диаметра. Для сравнения напомним, что толщина тридцатиметрового купола Софийского собора в Стамбуле, одного из самых совершенных сооружений раннего средневековья, составляет в среднем $^1/_{50}$ диаметра.

Большое распространение получили сегодня конструкции, в которых «работа» отдельных элементов строго разграничена.

Так строятся, например, каркасно-панельные здания: каркас обеспечивает прочность и устойчивость здания, а навесные стеновые панели защищают расположенные внутри помещения от холода, дождя, ветра. Разные элементы дома в этом случае целесообразно делать из различных материалов: тяжело нагруженный каркас — из стали или железобетона, стеновые панели — из легких теплоизоляци-

онных материалов. При таком разграничении уменьшается общий вес здания, упрощается его возведение, экономятся материалы.

«Разделение труда» между отдельными элементами конструкции особенно широко применяется во всевозможных *висячих* системах, которые позволяют наиболее полно использовать способность некоторых материалов, чаще всего металла, воспринимать большие растягивающие напряжения. Так выполняются покрытия больших зрительных залов, пролетные строения мостов.

Современные приемы конструирования позволяют создавать такие сооружения, о которых не смели и мечтать строители еще 100—200 лет назад.

Покрытия общественных и промышленных зданий, перекрывающие пролеты в 60—100 м, дома высотой в 60—100 этажей, мосты с километровыми расстояниями между опорами все чаще и чаще встречаются в строительной практике. А инженеры уже проектируют покрытия для 300-метровых пролетов зданий, небоскребы высотой 1 км, предлагают перекрыть в Альпах долину шириной 3 км.

Из чего мы строим

Созданы природой и трудом

На заре своей строительной деятельности человек использовал только *естественные,* встречающиеся в природе в готовом виде строительные материалы: камни, куски деревьев.

Постепенно люди научились сами валить и обтесывать деревья, добывать и обрабатывать камень в каменоломнях, применяя для этого нередко очень остроумные способы. Например, в Древнем Египте строители плотно загоняли в щели каменных глыб сухие деревянные клинья и затем поливали их водой до тех пор, пока дерево, разбухая, не раскалывало глыбы на отдельные каменные блоки нужных размеров.

Использовали строители и другие материалы, как, например, глину. Скрепляли глиняным тестом — строители называют его *раствором* — каменную кладку. Обмазывали глиной деревянный, заплетенный сучьями каркас и получали довольно прочную стену. Сушили на солнце приготовленные из глиняного теста кубики одинаковых размеров и получали *кирпич-сырец.* Потом научились обжигать изделия из глиняного теста — стали делать *обожженный кирпич, черепицу* и другие *керамические изделия,* отличающиеся высокой прочностью и долговечностью. Так начали появляться *искусственные* строительные материалы — не взятые готовыми у природы, а изготовленные руками мастеров. Со временем строительными материалами стали стекло, металл, бетон, пластмассы. Причем в наши дни перечень строительных материалов увеличивается гораздо быстрее, чем в прежние времена.

Во-первых, традиционных материалов, которые применялись строителями тысячелетиями, сейчас уже не хватает, настолько возросли масштабы строительства. Только квартир и индивидуальных домов мы строим ежедневно много тысяч. Если строить их из дерева, как делались раньше избы, то каждые 5 лет нужно было бы вырубать лес на площади, равной территории Дании и Нидерландов.

Во-вторых, жизнь все время ставит перед строителями новые задачи, которые невозможно решить при помощи одних только традиционных строительных материалов. Например, обычный природный камень, несмотря на его прочность, невозможно использовать в конструкциях с пролетами более 40 м — они разрушаются под действием собственного веса. Приходится создавать новые материалы — более прочные и более легкие.

Для чего и из чего

Один и тот же строительный материал может быть использован по-разному. Например, металл применяется и в несущих конструкциях, и для отделки фасадов зданий и сооружений (титановая облицовка монумента в честь запуска первого искусственного спутника Земли, установленного около ВДНХ в Москве). Бывает и так, что один и тот же материал в одном и том же сооружении одновременно выполняет несколько функций. Так, деревянная декоративная обшивка стен в зале современного кинотеатра не только украшение: она еще и погло-

щает лишние шумы, уничтожает эхо, недопустимое в таких помещениях.

А теперь поговорим о каждом из особенно важных строительных материалов подробнее.

Дерево

Дерево всегда привлекало строителей легкостью обработки, небольшой собственной массой при относительно высокой прочности и хороших теплоизоляционных свойствах. Из бревен складывали стены, делали балки междуэтажных перекрытий, из досок настилали полы, сколачивали перегородки. Из дерева делали двери, оконные рамы, переплеты — *столярные изделия;* из отдельных брусьев собирали *фермы* — несущие элементы мостов, покрытий общественных зданий. До сих пор вызывает восхищение специалистов сооруженное в 1817 г. покрытие Конногвардейского манежа в Москве (ныне Центральный выставочный зал), деревянные фермы которого без всяких промежуточных опор перекрывают пролет в 44,9 м.

Сегодня диапазон применения дерева значительно расширился, хотя расходуем мы его экономнее. Стружка и опилки, неизбежно образующиеся при обработке древесины, в прежние времена совершенно не использовались в строительстве, в лучшем случае применялись как топливо. Та же участь ожидала и древесину, которая имела недопустимые с точки зрения строителя пороки — сучковатость, трещины.

В наши дни применение высокопрочных синтетических клеев позволяет изготавливать из маломерного, низкосортного пиленого материала, коротеньких деревянных брусочков, вплотную пригнанных друг к другу, *деревянные клееные конструкции* любой формы — купола, оболочки, складки, причем значительных размеров.

Дерево боится жучков-древоточцев, подвержено гниению. Современные деревянные конструкции пропитывают специальными составами — *антисептиками,* защищающими их от этих опасных врагов. Более того, сегодня дерево... не горит! Его научились делать огнестойким, покрывая особыми *минеральными обмазками* или пропитывая негорючими веществами — *антипиренами.*

Большая часть лесоматериалов обрабатывается сегодня на заводах. Деревообделочные комбинаты выпускают для строек и аккуратно распиленный брус, и доски различных размеров, и дощечки для паркетных полов — *клепку,* и водостойкую фанеру, и многое другое. А сжигавшиеся ранее стружки и опилки смешивают со специальными клеющими смолами и из этой массы прессуют древесностружечные и древесноволокнистые плиты. Часть отходов используется в качестве сырья для производства теплоизоляционных картонов, строительной бумаги.

В современных домах дерево часто применяют в качестве красивого отделочного декоративного материала.

В богатых лесом сельских районах и в наше время строят деревянные дома, но и тут этот древний материал используется по-новому. На современный *каркасный* или *щитовой* дом древесины идет в 2—3 раза меньше, чем на бревенчатый тех же размеров, а строят его гораздо быстрее.

Камень

Камень — один из самых старых стеновых и отделочных материалов. Природные каменные породы — мрамор, граниты, известняки — украшают станции метро, фасады и залы многих общественных зданий.

В Армении из мягкого, хорошо обрабатывающегося и легкого туфа, а на Украине из ракушечника кладут стены домов. Неотделанный природный камень и отходы, образующиеся при его обработке, используют при устройстве фундаментов, постройке дорог.

В наше время каменные материалы добывают и обрабатывают, применяя взрывную технику, буровые и камнерезные машины. Крупные каменные глыбы на специальных станках распиливают на блоки и плиты, на тоненькие облицовочные пластинки, шлифуют и полируют их поверхность. В некоторых случаях толщина такой пластинки измеряется... миллиметрами, а к стене, которую надо отделать, пластинки просто приклеивают.

Научились делать и искусственный литой камень — подбирают из разных материалов смесь, близкую по составу к естественному камню, плавят ее и отливают в специальных формах, точно соответствующих виду и размерам нужных строителям изделий.

Существуют и другие виды искусственных камней: керамические блоки и кирпичи, получаемые путем обжига специально обработанной глиняной массы; силикатные, шлаковые и бетонные блоки, приготовленные с применением различных *вяжущих* материалов.

Вяжущие материалы

Вяжущие материалы обладают способностью в результате происходящих в них химических реакций твердеть — превращаться из пластичных или тестообразных растворов в твердую массу, соединяя, «связывая» камни или кирпичи в кладке, отдельные куски шлака или песка в шлакоблоке, силикатном кирпиче. Как правило, это тонко размолотые порошки, которые смешивают с водой для получения строительных растворов и смесей.

Первые крупные металлические сооружения появились в конце прошлого века. Таков 100-метровый купол Дворца машин на Парижской всемирной выставке 1889 г.

Известные с древних времен вяжущие материалы — гипс, известь — называют *воздушными*, так как они твердеют, набирают и сохраняют прочность только на воздухе. По этой причине их нельзя применять при строительстве каналов, пристаней и других гидротехнических сооружений, при кладке фундаментов. Поэтому гораздо шире применяется цемент, который не теряет под воздействием влаги своей прочности.

Существуют и *синтетические вяжущие материалы*, твердеющие и набирающие прочность почти мгновенно и в воде, и на воздухе. Они являются частью большой группы разнообразных синтетических строительных материалов.

Синтетические материалы

Пластмассы в строительстве применяют недавно. Но представить себе современную стройку без пластмасс уже невозможно, настолько полезными оказались их свойства. Например, *свам* — стекловолокнистый анизотропный материал — по прочности не уступает стали и в 3 раза легче ее. Изоляционные синтетические материалы — *поропласты, пенопласты* — настолько хорошо сохраняют тепло, поглощают шум, что позволяют делать стены и перегородки в десятки раз тоньше, чем из кирпича или камня. А органическое стекло — *полиметилакрилат* — пропускает самую полезную часть спектра солнечного излучения — ультрафиолетовую — гораздо лучше, чем обычное.

Синтетические материалы легко обрабатываются, хорошо склеиваются, как правило, не требуют последующей отделки. Например, устройство полов из поливинилацетатной мастики сводится всего лишь к тому, чтобы вылить ее на перекрытие и разровнять. Через несколько часов мастика затвердевает, и пол уже больше не требует никакой обработки.

Надо сказать, что пока «синтетика» выступает на стройке главным образом в роли отделочных материалов: красок, пленок, облицовочных плиток, линолеумов, мастик. Но синтетические материалы — продукция такой бурно развивающейся отрасли производства, как химия,— очень перспективны, их применение в строительстве непрерывно увеличивается.

Металл

Было время, когда металл использовался исключительно в кровельных работах и для изготовления *фурнитуры* — дверных ручек, петель, замков — или соединительных элементов каменных или деревянных конструкций — скреп, связей, болтов. И очень часто — как декоративный материал, например для решеток в оградах. Но когда возможности камня при строительстве большепролетных и высотных сооружений оказались исчерпанными, строители обратились к металлу. Сначала к чугуну. Из него строили мосты, покрытия зернохранилищ, заводских цехов.

Появление в середине XIX в. прокатного железа (металлического проката), более прочного, чем литой чугун, ознаменовало следующий шаг в применении металла в качестве строительного материала.

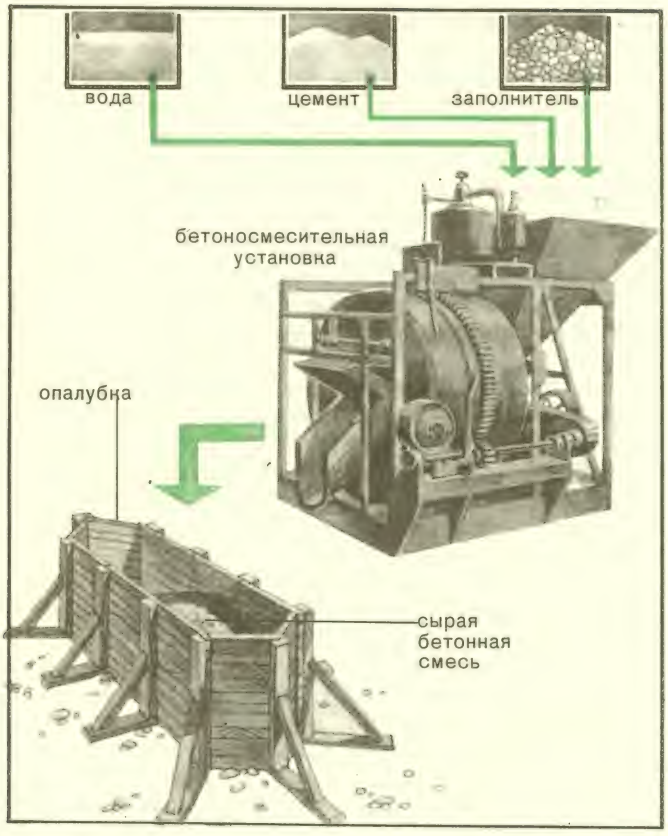
В Париже в 1889 г. были выстроены одновременно два выдающихся сооружения — Дворец машин с залом шириной 115 м и знаменитая Эйфелева башня,— в которых были применены металлические конструкции.

Русские ученые и инженеры внесли значительный вклад в развитие металлоконструкций. Достаточно напомнить о работах В. Г. Шухова, построившего 148-метровую башню для Шаболовской радиостанции в Москве, конструкция которой выгодно отличается от башни французского инженера Эйфеля тем, что она сделана из однотипных элементов. При ее строительстве впервые в мире был применен метод монтажа, получивший впоследствии название *телескопического*; во время такого монтажа верхние ярусы конструкции выдвигаются из нижних, словно звенья складной телескопической антенны портативного радиоприемника.

В наши дни металл — один из важнейших строительных материалов. Из него делают колонны, балки и фермы каркасов и другие несущие конструкции промышленных и гражданских зданий. Из металла сооружаются мосты, нефтепроводы, резервуары для хранения газа и нефти. Из металла делают наружную облицовку стеновых панелей, оконные переплеты, двери, осветительную арматуру, трубы, лифтовые шахты, различное строительное оборудование.

Когда-то в строительстве использовали в основном так называемые черные металлы — чугун и сталь; реже — медь, бронзу; совсем редко — свинец (в витражах церквей, в кровельных покрытиях). Благодаря использованию алюминия и его сплавов диапазон применяемых строителями металлов значительно расширился. Легкость (алюминий в 3 раза легче стали), стойкость к атмосферным воздействиям, простота механической обработки, высокие декоративные качества завоевывают алюминиевым сплавам все более видное место в ряду других металлов. Но основным материалом для изготовления

Две тысячи лет стоят построенные из бетона римским императором Аврелием крепостные стены.
В середине: схема изготовления изделий из бетона.
Смесь из воды, цемента и заполнителей: щебня, песка — заполняет форму (опалубку) и твердеет. Опалубку убирают, и бетонное изделие готово. Прочность, дешевизна и простота изготовления завоевали бетону широкую популярность.
Внизу — легкий купол из железобетона.



металлических изделий и конструкций пока еще остается сталь.

Широко используется сталь и в качестве составной части другого важнейшего материала современности — железобетона.

Бетон

Бетон — так называется искусственный каменный материал, с которого начинается история железобетона. Изготовление кирпича, обработка природного камня — основных строительных материалов прошлого — дело хлопотливое и трудоемкое. Поэтому строители в массивных конструкциях стали выкладывать из обработанного камня или кирпичей только тонкие наружные стенки, а пространство между ними затем заполняли щебнем, гравием, обломками камня и заливали все это раствором вяжущего материала. Раствор обволакивал каждое зернышко, каждую частичку заполнителя и, твердея, прочно соединял их в монолитную массу — бетон,— более однородную, чем каменная или кирпичная кладка, и поэтому более прочную и долговечную. А главное — более дешевую, ведь бетон на 80—90% состоит из недорогих, повсюду распространенных материалов.

Бетон очень древний материал. Еще в государстве Урарту (на территории современной Армении) в VIII в. до н. э. из него строили крепости, храмы, ирригационные сооружения. В Древнем Риме бетон широко применяли при возведении триумфальных арок, купольных и сводчатых покрытий зданий, мостов, используя в качестве вяжущих материалов глину, гипс, известь, природный асфальт. И в наши дни восхищает туристов прекрасно сохранившийся огромный бетонный купол римского Пантеона, построенного почти 2 тыс. лет назад.

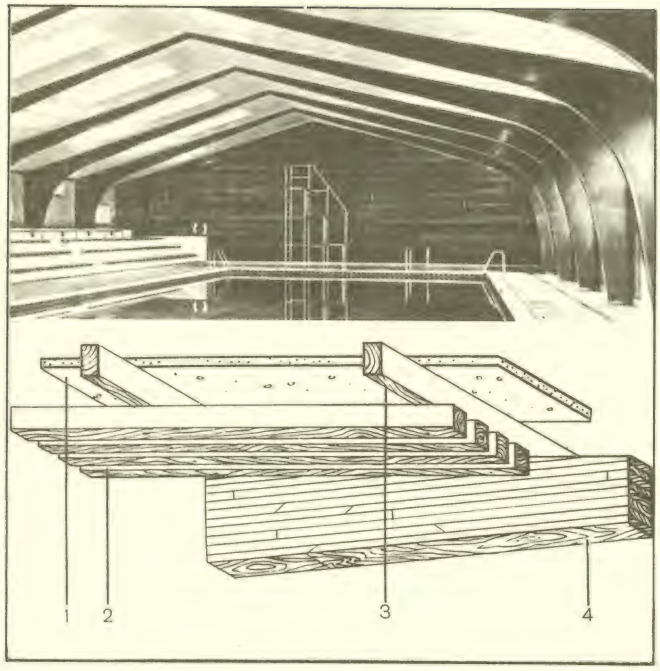
Второе рождение бетона произошло, когда в строительстве появился *цемент*. Оказалось, что приготовленный с его применением бетон не только не боится воды, как бетон, изготовленный с другими вяжущими материалами, но... со временем становится прочнее — такова особенность твердения цементного камня.

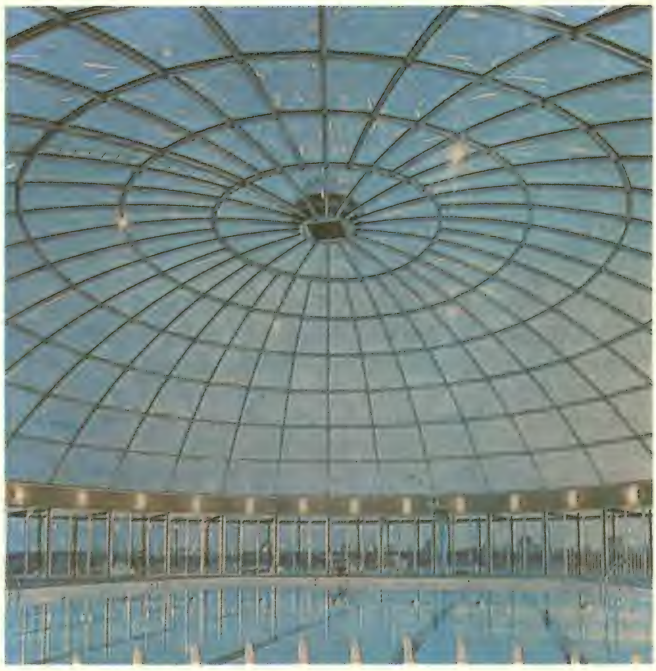
Привлекало строителей и то, что из бетона можно получать изделия или конструкции любых очертаний, надо только уложить в специально заготовленную форму — *опалубку* — бетонную смесь и подождать, пока она затвердеет. Кроме того, бетон можно изготовлять с различными свойствами: газонепроницаемый, кислотостойкий, жаропрочный и т. д.

Однако у бетона есть существенный недостаток — он плохо работает на растяжение.

Около 100 лет назад с этим недостатком научились бороться — появился *железобетон*.

Сегодня строителям служат старые и новые материалы. *Вверху слева* — современное деревянное покрытие плавательного бассейна: деревянный настил *1* лежит на деревянных балках *3*, опирающихся на клееные арки *4* из коротких обрезков досок и брусьев, а снизу видна декоративная подшивка из реек *2*. *Вверху справа* — покрытие бассейна, сделанное из синтетической пленки, натянутой на металлический каркас. *В середине* — укрупненные стеновые детали — панели в настоящее время все чаще вытесняют традиционный кирпич со стройки.





Из металла делают и промышленные сооружения, например резервуары для хранения сжиженного газа — газгольдеры *(внизу)*, и каркасы жилых зданий, и выставочные здания, например павильон СССР на Всемирной выставке в Канаде, переехавший затем в Москву на ВДНХ (*внизу справа*).

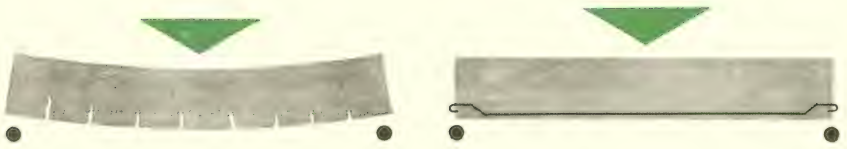


Схема «работы» железобетона. Бетон плохо переносит растягивающие напряжения, а металл успешно им сопротивляется, «помогая» бетону в конструкции.

Железобетон

Обычно изобретение железобетона связывают с именем парижского садовника Жозефа Монье, который в 1867 г. запатентовал способ изготовления цементных кадок для цветов с каркасом из проволочной сетки и железных прутьев. В действительности бетонные конструкции, усиленные металлическим каркасом — *арматурой,* применялись гораздо раньше.

Новый материал привлек строителей тем, что удачно соединил достоинства бетона с замечательным свойством стали — успешно сопротивляться растяжению. В балках верхняя часть поперечного сечения сжата, а нижняя — растянута. Помещая в растянутую часть балки металлические стержни — арматуру, мы заставляем их воспринимать опасные для бетона растягивающие напряжения. А со сжатием в верхней части балки бетон справляется сам.

Железобетон во многих случаях может успешно заменить стальные конструкции, что в конечном счете позволяет значительно сократить расход металла в строительстве. Он обладает многими ценными качествами. Пожары, например, для железобетонных конструкций не так страшны, как для металлических,— бетон надежно защищает арматуру из стали, которая теряет свою прочность при высокой температуре. Защищена арматура в железобетоне и от разрушающего действия влаги, химически активных веществ и других вредных воздействий.

Особого внимания заслуживают железобетонные конструкции с *предварительно напряженной арматурой.* В балках из обычного железобетона под действием нагрузок бетон растягивается вместе с арматурой, и в нем могут появиться мелкие трещины, открывающие влаге доступ к арматурной стали, что может привести к коррозии и разрушению арматуры.

Если же стальную арматуру предварительно, до укладки в опалубку бетонной смеси, растянуть, а затем, после затвердения бетона, отпустить, то арматура, стремясь вернуться в первоначальное состояние, обожмет и окружающий бетон. Возникающие в такой конструкции под действием внешней нагрузки *растягивающие напряжения* уже не приведут к образованию опасных трещин в бетоне. Предварительно напряженные конструкции оказались и прочнее и экономичнее, чем обычные ненапряженные, хотя изготовить их, конечно, сложнее — требуется специальное оборудование для предварительного напряжения арматуры.

Замечательные свойства железобетона по праву сделали его важнейшим материалом современного строительства. С применением железобетона строятся почти все городские жилые здания, а также промышленные и гражданские здания и сооружения.

Русские инженеры еще в конце прошлого — начале нашего столетия воздвигали выдающиеся для того времени сооружения из железобетона, например мост пролетом 45 м в Нижнем Новгороде (г. Горький), первый в мире железобетонный маяк в Николаеве, крепости в Кронштадте и Севастополе. А русские ученые внесли большой теоретический вклад в изучение свойств бетона и железобетона. Советские ученые и инженеры в 30-е годы предложили принятые ныне во всем мире новые методы расчета железобетонных конструкций.

Так удобнее в работе

В зависимости от того, как удобнее строителям, бетон поступает на стройку или в виде сырой бетонной смеси, или в виде готовых изделий.

Для возведения конструкций из *монолитного бетона* строители прямо на стройплощадке сооружают опалубку, в которую укладывают бетонную смесь. Опалубка — обычно сложное сооружение, она должна выдерживать давление сырой бетонной смеси, пока бетон твердеет и набирает необходимую прочность. После этого опалубку разбирают — она уже не нужна. Устройство опалубки — дело трудоемкое, требует много материалов (дерева и металла). Бетонную смесь при изготовлении монолитных бетонных сооружений обычно готовят вблизи места строительства, потому что при длительной транспортировке она начнет схватываться раньше, чем будет уложена в опалубку. А кроме того, приходится ждать, пока бетон наберет необходимую прочность. Монолитный бетон обычно применяют при сооружении плотин, мостов, трибун стадионов, некоторых видов фундаментов и других массивных конструкций.

Большинство зданий и многие сооружения удобнее собирать из отдельных железобетонных элементов, изготовленных на заводе, т. е. из *сборного железобетона.* Тогда на стройке не надо заботиться о приготовлении и укладке бетонной смеси, тратить время на монтаж и разборку опалубки. А прочность зданий и сооружений из сборных железобетонных элементов не уступает монолитным благодаря тому, что арматуру этих элементов прочно соединяют между собой сваркой, а зазоры между элементами заполняют бетоном или раствором — *замоноличивают.*

Широкое применение во всех областях строительства сборного железобетона — большая заслуга советских строителей.

Сборный железобетон целесообразно изготовлять, применяя *многократно используемую опалубку* и ускоренные процессы твердения бетонной смеси.

Дело в том, что при нормальной температуре и влажности обычный бетон твердеет довольно медленно. Но при повышенной температуре во влажной среде твердение бетона ускоряется в десятки раз. Такой процесс называется *пропариванием*. Естественно, что наиболее благоприятные условия для изготовления сборных бетонных и железобетонных элементов конструкций и изделий могут быть созданы лишь на заводе.

Широкое распространение индустриальных методов строительства, при которых большая часть наиболее сложных и трудоемких процессов переносится со строительной площадки на завод, отразилось не только на железобетоне.

Не так давно почти все жилые дома в наших городах строили из кирпича (его размеры — 25 × 12 × 6,5 см, масса — около 4 кг). Теперь дома собирают из *панелей*, размеры которых измеряются метрами, толщина — десятками сантиметров, масса — тоннами. Одна такая панель заменяет сразу сотни кирпичей, а устанавливается она на место за несколько минут. Каменщику пришлось бы выкладывать такую же стену из кирпича несколько часов. Кроме того, кирпичную стену надо штукатурить, тогда как панель готова к окраске или оклейке обоями.

Металлические фермы покрытий цехов сваривают не на месте строительства, как это делали раньше, а привозят готовыми с завода металлоконструкций.

Железнодорожный путь укладывается из *готовых секций*, в которых рельсы уже соединены со шпалами.

Паркетные полы настилаются не из отдельных дощечек-клепок, а из *изготовленных на заводе щитов* площадью до 2,5 м^2.

Другими словами, промышленность поставляет на стройку все чаще не материалы или отдельные детали конструкций, а *укрупненные изделия*, целые элементы будущих зданий и сооружений.

Как мы строим

Строгие порядки

...Человек в необычной меховой одежде под неярким северным небом внимательно рассматривает окружающий его снег, отбирая тот, что плотнее слежался под действием ветра и солнца. Затем нарезает снег на одинаковые кубики, поливает их водой; на морозе они быстро превращаются в прочные снежные «блоки». Из этих «блоков» человек складывает на ровной площадке кольцо диаметром в несколько метров. Кольцо поливают водой; на него укладывают следующее, чуть поменьше диаметром, потом еще одно — пока не вырастет снежно-ледяной купол. Остается проверить, нет ли щелей между блоками, заделать их, загладить неровности. Так с незапамятных времен строили эскимосы свое жилище — *и́глу*.

А вот другая картина. По степи движется колонна — передвижная бетономешалка, несколько грузовиков, машины для земляных работ — экскаваторы, бульдозеры. Через каждые 200 м караван останавливается, чтобы соорудить бетонный фундамент для опоры высоковольтной линии электропередачи, и уходит дальше. А сама опора — ажурная металлическая конструкция высотой с 10-этажный дом, изготовленная на заводе, целиком доставляется к месту установки и монтируется с помощью вертолета. Даже окрашена опора была заранее, на заводе; монтажники только закрепляют ее на фундаменте. Так строят сегодня.

Любая стройка ныне ведется в одном и том же порядке: в первую очередь *подготовительные*, а потом *строительно-монтажные* работы, завершающиеся отделкой и установкой оборудования. Но сегодня бóльшая часть работ (включая отделку) выполняется не на строительной площадке, а на специальных заводах и комбинатах. Конечно, управлять строительным процессом стало сложнее — надо согласовать, объединить работу множества людей и механизмов и на стройплощадке, и далеко за ее пределами. Помогает решить эту задачу стройная система организации строительства. Руководство крупной стройкой сосредоточено в руках опытных инженеров-строителей, но и они подчиняются специальному *проекту организации работ*.

На современной стройке есть работы, которые выполняются в строгой последовательности: стены штукатурят после кладки, красят после того, как вы-

В современном городе много одинаковых по назначению и форме зданий *(слева)*. В зданиях очень много одинаковых по размерам и материалам конструктивных элементов *(справа)*, которые удобно делать на заводе индустриальными методами, как это показано на схеме поточной линии для изготовления железобетонных стеновых панелей (*внизу слева*).

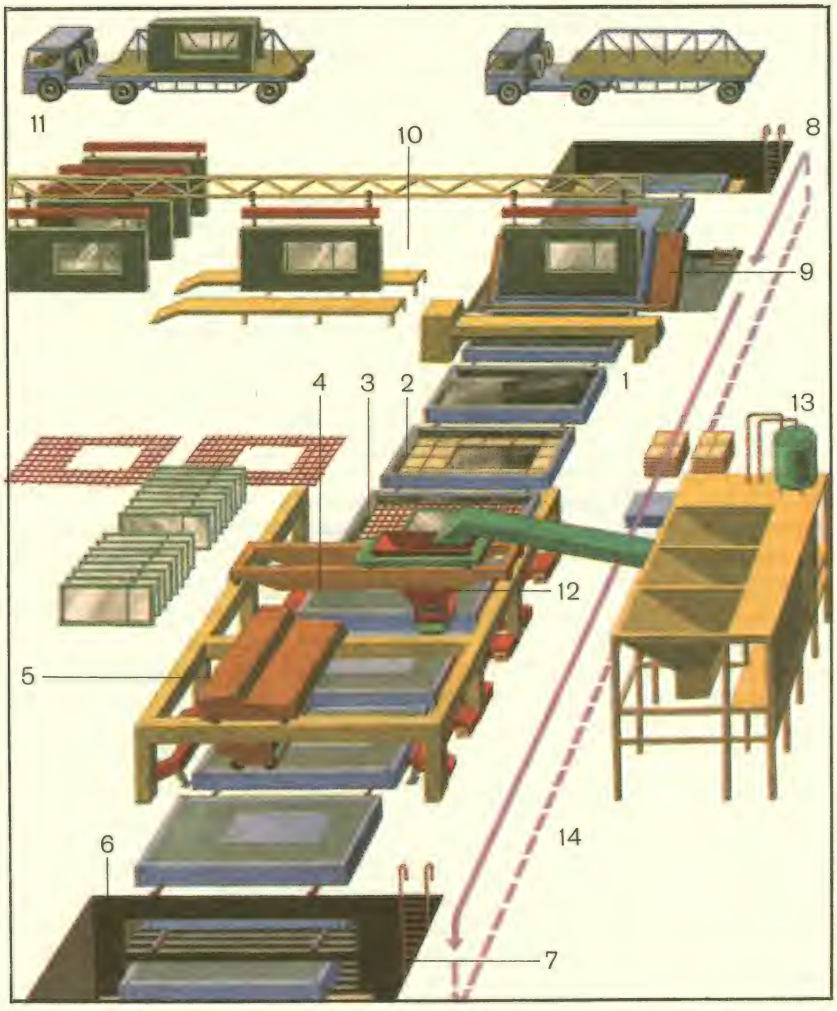


Схема изготовления стеновых панелей: чистка и смазка форм-вагонеток *1*; укладка облицовочного слоя панели *2*; укладка арматуры и оконных блоков *3*; укладка бетонной смеси *4*; вибрирование смеси и затирка поверхности *5*; лифт *6* опускает вагонетку к многоярусной пропарочной камере *7*; лифт-подъемник *8*; съём готовых изделий *9*; доводка изделий *10*; склад готовых панелей *11*; бетоноукладчик *12* (он же на фото, *внизу справа*); бетоносмесительная установка *13*; направление движения форм-вагонеток *14*.

сохнет штукатурка. А часть процессов может происходить одновременно. Например, отделка и оборудование нижних этажей многоэтажных зданий могут выполняться одновременно с монтажом верхних. Поэтому любое строительство ведется по заранее составленному *графику производства работ,* который указывает последовательность и продолжительность выполнения строительных процессов.

На стройплощадке в строгом порядке нужно расположить склады материалов и изделий, дороги для доставки материалов и конструкций и многое другое.

И при этом пути движения грузов и людей не должны пересекаться: подъемному крану должно быть удобно не только разгружать автомобили, привозящие конструкции, но и устанавливать эти конструкции на место во время монтажа здания или сооружения.

Размещение дорог, материалов, механизмов на стройплощадке определяет особая часть проекта организации строительства — *стройгенплан.*

Давайте проследим, как осуществляются эти порядки при строительстве городского жилого района.

От чертежа до здания

Сначала проект

В проектной организации инженеры и архитекторы разрабатывают все детали будущего жилого района. Все должно быть предусмотрено проектом: какие дома и где будут размещены в этом районе; из каких материалов и на каких заводах будут изготавливать для них конструкции; кто и когда будет монтировать эти конструкции, прокладывать дороги, сажать деревья.

Любой город состоит из нескольких жилых районов. И в каждом районе строят жилые дома, школы, магазины, детские сады... Раньше для каждого из этих зданий составляли свой проект, заново разрабатывали расположение помещений — планировку, рассчитывали конструкции. А потом решили — для каждой группы многократно повторяющихся зданий одинакового назначения разрабатывать один тип здания. Так появились *типовые проекты* школ, кинотеатров, жилых домов и т. п. Проектировщикам остается только приспособить их к местным условиям строительства, выбрать подходящий тип фундамента. А специальные *индивидуальные проекты* составляются сейчас для особо сложных, редко встречающихся, монументальных зданий и сооружений.

Кроме того, проектировщики установили, что даже совершенно непохожие друг на друга здания можно собирать из ограниченного количества элементов, так же как из одних и тех же деталей детского «Конструктора» можно собрать и игрушечные весы, и модель автомобиля. Вот и разработали каталоги единообразных, *унифицированных* строительных изделий, применяя которые в самых различных сочетаниях можно проектировать разные здания и сооружения.

И строителям удобнее: им не нужно для каждой стройки налаживать производство особых деталей, разрабатывать новую технологию, создавать новое оборудование. Можно больше сил направить на улучшение качества и увеличение выпуска изделий.

Работа ведется не только в проектных институтах. Изыскатели-геологи, геодезисты внимательно изучают место будущего строительства, определяют, какие там грунты (без этого нельзя рассчитывать фундаменты), изучают рельеф участка. Проект детально обсуждается, проверяется, согласовывается со строителями, врачами, экономистами и, наконец, утверждается. Стройку можно начинать.

На заводах

Именно на заводах начинается современная стройка. В цехах *домостроительных* и *деревообделочных* комбинатов изготовляют конструкции будущих зданий. Большинство их — стеновые панели, плиты и панели перекрытий, лестничные марши и площадки, плиты балконов — сделаны из сборного железобетона.

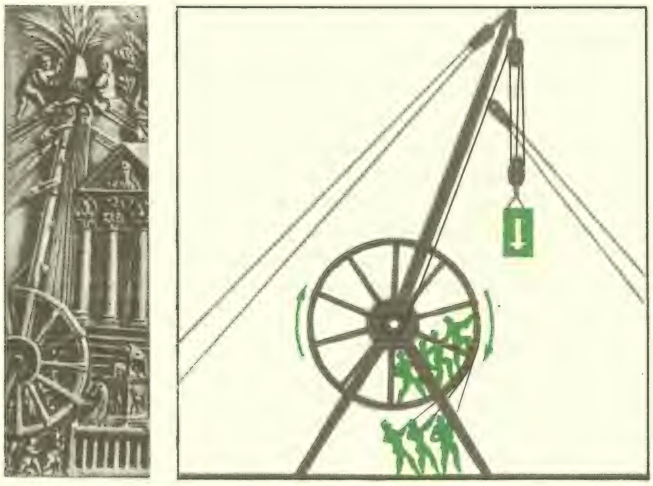
Производство таких изделий состоит из нескольких этапов.

Первый этап — автоматическое приготовление бетонной смеси. Огромная, в несколько этажей, установка сама дозирует цемент, воду, заполнители, сама из специальных бункеров по транспортерам подает их в смесительное отделение, откуда *бетоноукладчик* несет готовую смесь к опалубке. На заводе это гладкая металлическая, обычно передвижная платформа с откидными бортами. До бетонирования в опалубку укладывают заранее приготовленный металлический каркас изделия и те детали, которые станут неотъемлемой частью этого изделия, например утеплитель, если изготавливается панель наружной стены дома, или трубы отопления.

Второй этап — в опалубку укладывают бетонную смесь. Особые механизмы — *вибраторы* часто-часто ее встряхивают, делая несколько тысяч колебаний в минуту, в результате чего смесь уплотняется.

Затем заполненную бетоном опалубку помещают в пропарочную камеру, где происходит ускоренный

Старинный римский барельеф с изображением подъемного крана. *Справа* — схема его работы.



процесс твердения бетонной смеси. Это *третий этап*. Через 6—10 ч он заканчивается, изделие извлекают из опалубки и отправляют на склад готовой продукции.

Конечно, технология производства железобетонных деталей и конструкций зависит от их конфигурации и размеров, от механизации процессов.

Если конструкция имеет очень крупные размеры, опалубка устанавливается неподвижно, движутся бетоноукладчики. Бетонную смесь уплотняют специальные глубинные и поверхностные вибраторы, а чтобы ускорить твердение бетона, опалубку делают с двойными стенками и туда по шлангам подводят пар.

На заводе изготовляют не только тот бетон, который применяют здесь же для изготовления сборных изделий, но и тот, который нужен для возведения монолитных конструкций. А машины доставляют его на стройку. На таком заводе дозирование, смешивание компонентов бетонной смеси, подача материалов автоматизированы, управляет всеми процессами оператор с центрального пульта. Существуют и заводы-автоматы, которые приготовляют и загружают бетонную смесь в заданном объеме в кузов автобетоновоза после того, как шофер опустит в программно-считывающее устройство перфокарту или жетон, на которых закодированы требуемый состав и количество смеси.

Механизировано сегодня и производство столярных изделий — дверных и оконных блоков. Их изготовляют на деревообделочных комбинатах и привозят на стройку в готовом виде. Древесину сушат на электроустановках, обрабатывают на станках. Сначала изготовляют детали рам и переплетов, затем их собирают на полуавтоматических установках, окрашивают из пульверизаторов, быстро сушат краску электрообогревом. На стройку оконный блок поступает не только окрашенным, но и остекленным, с петлями, ручками, задвижками.

На заводах собирают и санитарно-технические кабины — ванные и туалетные комнаты будущих домов. Металлический каркас обшивают асбестоцементными плитами. Стенки кабины красят или покрывают пластиком, устанавливают санитарное оборудование — ванны, умывальники, краны-смесители — и подводят к ним трубы, навешивают двери, запирают их. Кабину остается только привезти на стройку, установить на место и подключить к сетям водопровода и канализации.

Перевезти и поднять

Транспортная проблема во все времена была важнейшей заботой строителей. Посмотрите, например, какую интересную подъемную машину придумали строители Древнего Рима. По ступеням внутри огромного барабана двигаются, заставляя его вращаться, рабы. Другие помогают им, натягивая канаты. Ось барабана связана системой блоков со стрелой, к которой подвешен груз. Предполагают, что таким образом можно было поднять на 10-метровую высоту каменные блоки массой до 12 т.

А древние египтяне для транспортировки огромных каменных глыб применяли такой оригинальный способ. С помощью рычагов приподнимали глыбу, подсыпали под нее песок, делая при этом горку с пологим уклоном в ту сторону, куда надо было ее переместить, и стягивали ее канатами вниз по получавшейся наклонной плоскости. Затем снова поднимали, устраивали новую песчаную горку, снова стягивали глыбу, и так продолжалось до места назначения.

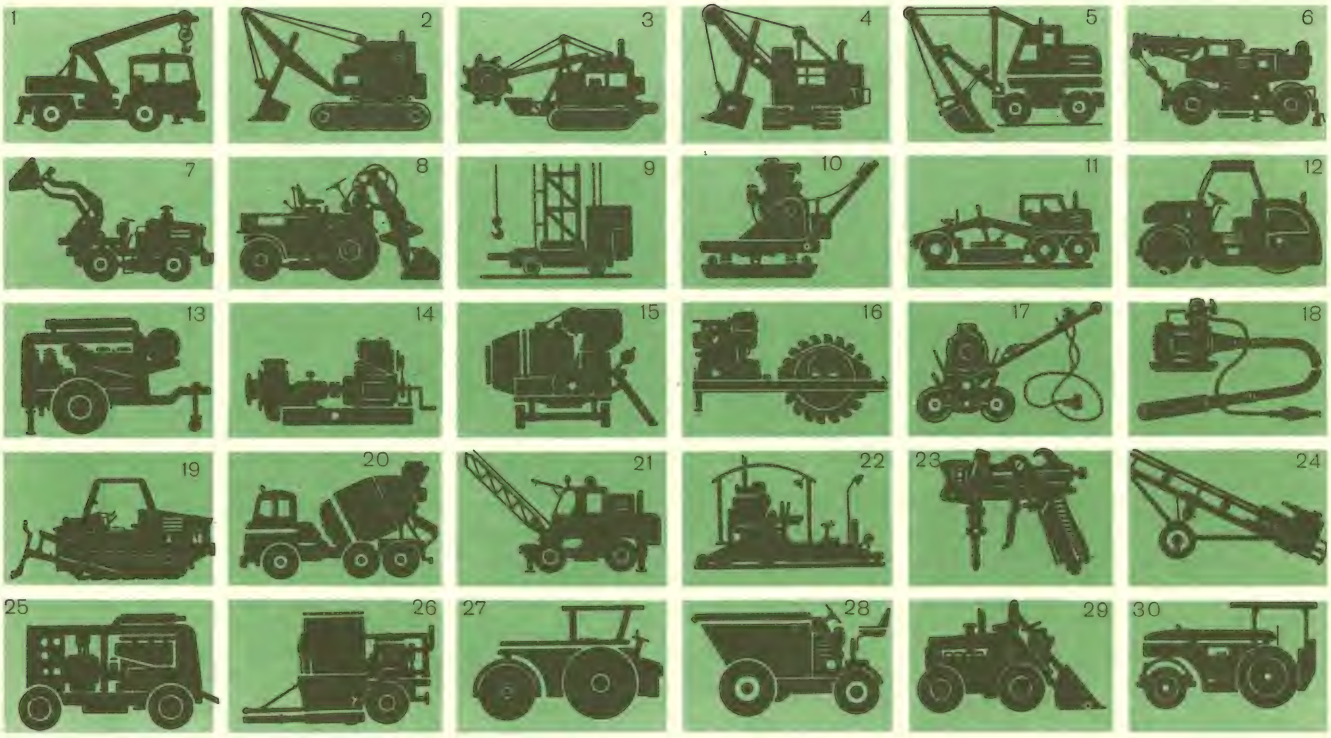
Конечно, при такой «механизации» работа шла медленно, требовала огромного количества рабочих рук.

А вот как снабжаются материалами и изделиями стройки в наше время.

На крупных гидротехнических стройках бетон к телу плотины везут целые железнодорожные поезда, гигантские самосвалы грузоподъемностью по 30—50 т. А на короткие расстояния бетонная смесь транспортируется по специальным трубопроводам *бетононасосами*. Работают на стройках и машины поменьше — 3—5-тонные *бетоновозы, панелевозы*.

Для перевозки очень крупных конструкций, например ферм покрытий, применяют специальные полуприцепы. Механизированы и очень трудоемкие погрузочно-разгрузочные работы. Здесь на помощь приходят автопогрузчики, подъемные краны — самые распространенные из них *башенные*.

Всю тяжелую работу на стройке сегодня делают машины. Машины выполняют земляные работы — это экскаваторы с прямой (роющей «от себя») лопатой *2, 4*; с обратной (роющей «на себя») лопатой *5*; роторные экскаваторы *3*, приспособленные для «непрерывного» рытья канав и траншей; грейдеры *11* и бульдозеры *19* для срезки и перемещения грунта. Машины поднимают и переносят грузы: это автокраны *1, 6*; передвижные краны на пневмоколесном ходу *21*; башенные краны *9*; погрузчики для грунта и сыпучих материалов *7, 8, 29* и транспортеры — стационарные ленточные *24* и передвижные ковшовые *28*. Машины перемешивают бетон (стационарная бетономешалка *15* и передвижная *20*), помогают его укладывать (поверхностный вибратор *10* и глубинный, или вибробулава *18*), укладывают асфальт (асфальтоукладчики *22*) и укатывают его (дорожные катки *12, 27, 30*). Установки для приготовления штукатурного раствора *26* и насосы для подачи раствора по трубам *14*, краскораспылители для малярных работ *23* и компрессоры *13, 25*, дисковые электропилы *16* и виброкатки для устройства полов из линолеума *17* — все это лишь малая часть тех машин и механизмов, которые находятся на вооружении у строителей.



Одни из них предназначены для монтажа невысоких зданий, в 1—3 этажа; другие способны поднимать конструкции на высоту 16—20 этажей. Грузоподъемность некоторых башенных кранов достигает нескольких десятков тонн; длина стрелы (строители говорят — *вылет*) составляет 20, 30 и даже 50 м, а рельсовый путь позволяет крану передвигаться по строительной площадке.

В некоторых случаях на стройке применяют краны на *колесном* или *гусеничном ходу;* такие краны удобны тем, что могут без труда перемещаться по всей территории строительной площадки. А для возведения высотных зданий, высоких сооружений, например дымовых труб, применяют *самоподъемные* краны, которые опираются на уже возведенные конструкции и с помощью специальных приспособлений «ползут» вверх по мере роста сооружения.

Таковы те машины, которые применяются на строительной площадке. Но сначала строители должны подготовить эту площадку. Посмотрим, как это делается.

Ниже нуля

Прежде всего на территории стройплощадки размечают контуры будущих построек, прокладывают временные подъездные пути, устраивают склады, выделяют места установки машин и механизмов. Затем появляются первые машины, как правило землеройные. В первую очередь строители стремятся выполнить все работы так называемого *нулевого цикла,* т. е. соорудить все то, что окажется ниже уровня пола первых этажей зданий будущего жилого района. Этот уровень называется нулевым, и от него отсчитывается высота этажей строящегося дома, глубина подвалов, глубина расположения коммуникаций.

Строительная площадка выравнивается бульдозерами. Одноковшовые экскаваторы роют котлованы для устройства фундаментов будущих зданий. Специальные роторные и многоковшовые экскаваторы прокладывают траншеи для труб теплотрасс, канализации, газоснабжения, водопровода. Вынутый грунт используется для выравнивания площадки,

На строительной площадке. Бетонные кольца подземных коммуникаций *1* покрывают изоляционным слоем *2*, и бульдозер *3* засыпает траншею. Гусеничный кран *4* укладывает в котловане плиты фундаментов *5*, блоки стен *6* и плиты перекрытий *7* подвала *(внизу справа)*. Цокольный этаж *25* готов.

Каркасно-панельное здание *(слева)* монтируется с помощью кондукторной установки *8*, которая фиксирует точное положение колонн *9* и ригелей *10*.

На ригели укладываются плиты перекрытий *11*, к колоннам крепятся стеновые панели *12* и оконные блоки *13*. Перегородки *14* делают из кирпича.

Панельное здание *(в центре)* собирается башенным краном *15*, передвигающимся по рельсовым подкрановым путям *16*. Он подает на место монтажа панели стен *17*, перегородок *18*, перекрытий *19*, санитарно-технические кабины *20*. Штанги-фиксаторы *21* помогают правильно установить их. К складской зоне *23* стройизделия привозят грузовики-панелевозы *22*; материалы на этажи уже смонтированного здания доставляет шахтный подъемник *24*. Управление стройкой и помещения для рабочих находятся в передвижных домиках *26*, они переедут на новое место, когда стройка закончится.

для засыпки траншей и котлованов, а оставшуюся часть грунта вывозят самосвалами.

Не любой грунт способен выдержать нагрузку от современных многоэтажных зданий, и, если грунт слаб, устраивают *искусственные основания*. Делают это разными способами: уплотняют землю тяжелыми трамбовками, которые подъемный кран сбрасывает на поверхность грунта с высоты 3—4 м, или *цементируют* грунт — забивают в него трубы и нагнетают в них цементный раствор. А иногда используют *набивные сваи* — в грунт забивают полую трубу большого диаметра, потом извлекают ее, а образовавшееся отверстие заполняют сухим песком или смесью грунта с бетоном — *грунтобетоном*.

Часто вместо искусственных оснований применяют *свайные фундаменты*. Забитая в грунт свая (обычно это железобетонный столб сечением 30×30 см и длиной до 15 м) может нести нагрузку до 500 кН. Верхушки соседних свай соединяют друг с другом железобетонными плитами или балками, на которые и устанавливают конструкции здания.

При хороших основаниях устраивают фундаменты из сборных железобетонных блоков массой 1,5—2 т. Монтируют их чаще всего с помощью маневренных гусеничных или автомобильных кранов. На фундаменты строители монтируют блоки стен подвала, укладывают коммуникации, затем засыпают траншеи, сооружают постоянные проезды и дороги.

Наконец, укладывают плиты перекрытий над подвалами — нулевой цикл завершен. Можно приступать к сооружению надземной части здания.

Монтажные работы

Монтажные работы начинаются с подготовительных работ — устройства рельсовых путей для башенного крана, сборки крана, с организации склада для поступающих с завода стеновых панелей и плит междуэтажных перекрытий.

Монтаж конструкций многоэтажного жилого здания далеко не простое дело. При установке панелей или элементов каркаса, размеры которых измеряются метрами, а масса — тоннами, надо соблюдать большую точность — в пределах миллиметров, иначе нарушится конструктивная схема здания. Строители тщательно выравнивают цементным раствором место установки стеновой панели, с помощью крана устанавливают ее на место. Сначала «начерно», потом выверяют, временно закрепляя специальными приспособлениями — *фиксаторами* или *кондукторами*. Затем соответствующие части соседних конструкций сваривают, швы между ними заполняют цементным раствором или специальными мастиками и упругими прокладками и только после этого монтируют следующий элемент. Весь процесс установки панели занимает 15—20 мин, а за день бригада монтажников собирает конструкции 4—5 квартир. А для монтажа каркасных многоэтажных зданий разработана особая двухъярусная *кондукторная установка*, которая не только фиксирует положение элементов будущего каркаса, но и служит рабочей площадкой монтажникам и сварщикам.

Отделка здания

По пятам за монтажниками следуют электрики, сантехники, отделочники. Несмотря на то что все изделия поступают на стройку уже максимально отделанными, дел у строителей остается немало. Надо соединить между собой трубы коммуникаций, опробовать водопровод, канализацию и другое инженерное оборудование здания, настелить полы, оклеить стены обоями, побелить потолки. Эти работы тоже механизированы: стены красят не кистями, а насосами с распылителями — *краскопультами*; полы — рулоны линолеума размером «на комнату» — приклеивают к бетонному основанию мастикой; заготовка обоев — обрезка кромок, сортировка и подбор отдельных кусков и полотнищ для каждого помещения — выполняется в централизованных мастерских.

Даже гвозди забивают не молотками, а пневматическими *строительными пистолетами*, гайки завинчивают *электрическими гайковертами*.

И все-таки эти работы продолжаются примерно вдвое дольше, чем монтаж: много времени проходит, пока высохнут краски, надежно пристанут к стенам облицовочные плитки. Да и процессы эти требуют еще довольно много ручного труда.

Наконец строительные работы закончены. Строители моют, чистят все здание; около здания ведут последние работы по благоустройству прилегающей территории — засеивают травой газоны, сажают кусты и деревья, укатывают дорожки. И вот дом готов принять новоселов.

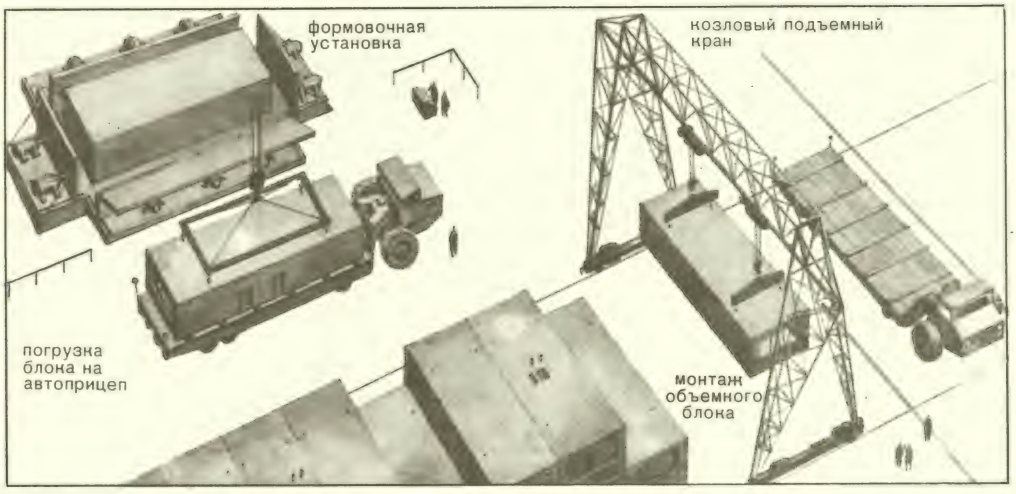
Так сегодня ведут строительство не только отдельных домов, но и целых городских кварталов.

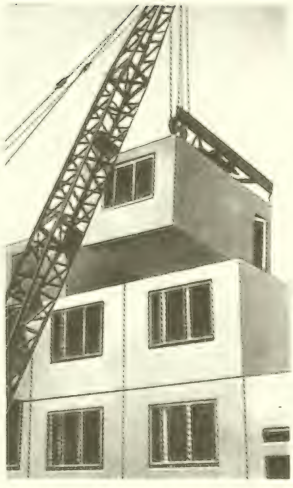
Строят и так

«С колес...»

Крупнопанельное и каркасно-панельное строительство позволяет механизировать до 75—80% работ. Однако пока в заводских условиях выполняется немногим более половины работы. Значит, есть еще резервы для ускорения строительства.

Сегодня на заводе изготовляют не только отдельные панели жилого дома, но и целые комнаты или даже квартиры. Мощные краны монтируют готовые объемные блоки прямо «с колес» автоприцепа.





Строители осваивают более передовые методы — сборку зданий не из отдельных панелей, а из *объемных элементов* — огромных коробок, включающих сразу комнату или даже квартиру. Уже полностью отделанные и оборудованные объемные элементы доставляют с заводов на стройку, где из них, как из кубиков, собирают здание. Остается только соединить между собой коммуникации — и дом готов. Таким способом дома собираются почти в 2 раза быстрее. Оно и понятно: в этом случае удается механизировать более 90% работ, причем большая часть их выполняется на заводе.

При строительстве зданий из объемных элементов монтаж ведется «с колес». Ведь территория современной стройки, как правило, ограничена, а места для устройства склада готовых изделий требуется много, особенно если это склад комнат или целых квартир; да и хранить продолжительное время на стройке уже полностью готовые изделия не имеет смысла. Поэтому строители составляют общий график заводских и монтажных работ. Пока идет установка очередного объемного элемента, на заводе заканчивают отделку следующего и привозят его на стройку к тому моменту, когда кран освободился и может прямо с колес автомобильного прицепа перенести прибывшую квартиру на положенное ей место.

«Подъем этажей»

Не всегда строители монтируют конструкции перекрытий и стен с помощью кранов; можно собирать на земле целые этажи и поднимать их на нужную высоту. Работы нулевого цикла производят как обычно. Затем на всю высоту здания устанавливают колонны. Прямо на уровне пола первого этажа из монолитного железобетона изготовляют междуэтажные перекрытия всех этажей сразу. Конечно, при этом между слоями «пирога из перекрытий» укладывают специальные прокладки, чтобы слои не слипались. После этого с помощью домкратов на высоту одного этажа поднимают чердачное перекрытие; между ним и следующим междуэтажным перекрытием устанавливают и закрепляют стеновые панели и перегородки. Сооруженный таким образом верхний этаж здания с помощью домкратов, закрепленных на колоннах, поднимается наверх и закрепляется на положенном месте. И так далее. Получается, что дом начинают строить с крыши! Этот прием позволяет производить внизу основные трудоемкие работы, а на высоте только надежно и прочно крепить этажи к колоннам и окончательно отделывать их. Стройке не нужны громоздкие и дорогостоящие башенные краны.

Простые кирпичи

Далеко не все сооружается сегодня из крупноразмерных сборных элементов. Там, где поблизости нет нужной производственной базы, строители широко используют местные материалы — лес, природный и искусственный камень, например кирпич.

Когда-то на таких стройках работали вручную, почти без механизмов. Каменщики сами выполняли все подготовительные работы, сами замешивали раствор, таскали на себе материалы к рабочему месту. При кладке стен на всю их высоту устраивали громоздкие подмостки. Строили только в теплое время года — знали, что на холоде раствор не схватывается и не твердеет.

В наши дни механизированы и операции по замешиванию раствора, и подача кирпича к месту укладки. Приготовленный на центральном растворном узле раствор по шлангам подается прямо на рабочее место, туда же кран доставляет *контейнеры* — метал-

Медленно ползет вверх целиком собранное на земле перекрытие многоэтажного дома — его поднимают мощные домкраты, закрепленные на заранее смонтированных колоннах. Так строят здания методом подъема этажей.

лические клетки — с аккуратно уложенным на заводе кирпичом. Стройка ведется непрерывно, потоком, что дает возможность совмещать каменные работы с другими видами работ — монтажом сборных элементов, отделкой, а главное, значительно сокращает сроки строительства.

Научились наши строители работать и зимой. Они разработали особые способы кладки кирпича и штукатурки стен при отрицательных температурах; изобрели специальные добавки к растворам и бетонам, которые делают их способными твердеть при низких температурах. Пример советских строителей заставил и зарубежных специалистов приступить к освоению техники производства работ в зимнее время.

Взорвать или намыть!

Вы знаете, что на строительстве гидротехнических сооружений приходится выполнять гигантские объемы земляных работ. Чтобы проложить ложе будущего канала или вырыть котлован для шлюза, насыпать земляную дамбу, нужны десятки экскаваторов и бульдозеров, сотни автомобилей для транспортировки грунта, месяцы работы. Но те же работы в некоторых случаях можно выполнять гораздо быстрее с помощью... взрыва! Вдоль трассы будущего канала укладывают 2 ряда зарядов взрывчатки. Первый ряд, взрываясь, поднимает на воздух грунт, который надо удалить. Второй ряд зарядов взрывается чуть позже первого, когда масса земли находится еще в воздухе. Расположение зарядов и их мощность подобраны таким образом, что основная масса земли отбрасывается в требуемом направлении и на нужное расстояние. После этого остается расчистить, подравнять с помощью землеройных машин то, что было сделано взрывом «начерно», и начать «отделку» — устройство набережных, монтаж шлюзовых механизмов.

Часто земляные плотины и дамбы сооружаются путем намыва грунта. *Гидромониторы* — пушки, стреляющие мощной непрерывной струей воды,— размельчают грунт, а насосы *земснарядов* нагнетают пульпу — жидкую смесь воды и грунта — по трубам к телу будущего сооружения. Именно так были построены грунтовые основания трибун стадиона имени С. М. Кирова в Ленинграде. Но там песок и грунт для намыва брались не из карьеров, а со дна Финского залива, в котором земснаряды углубляли фарватер для проходящих по заливу судов. Так одновременно было сделано два полезных дела.

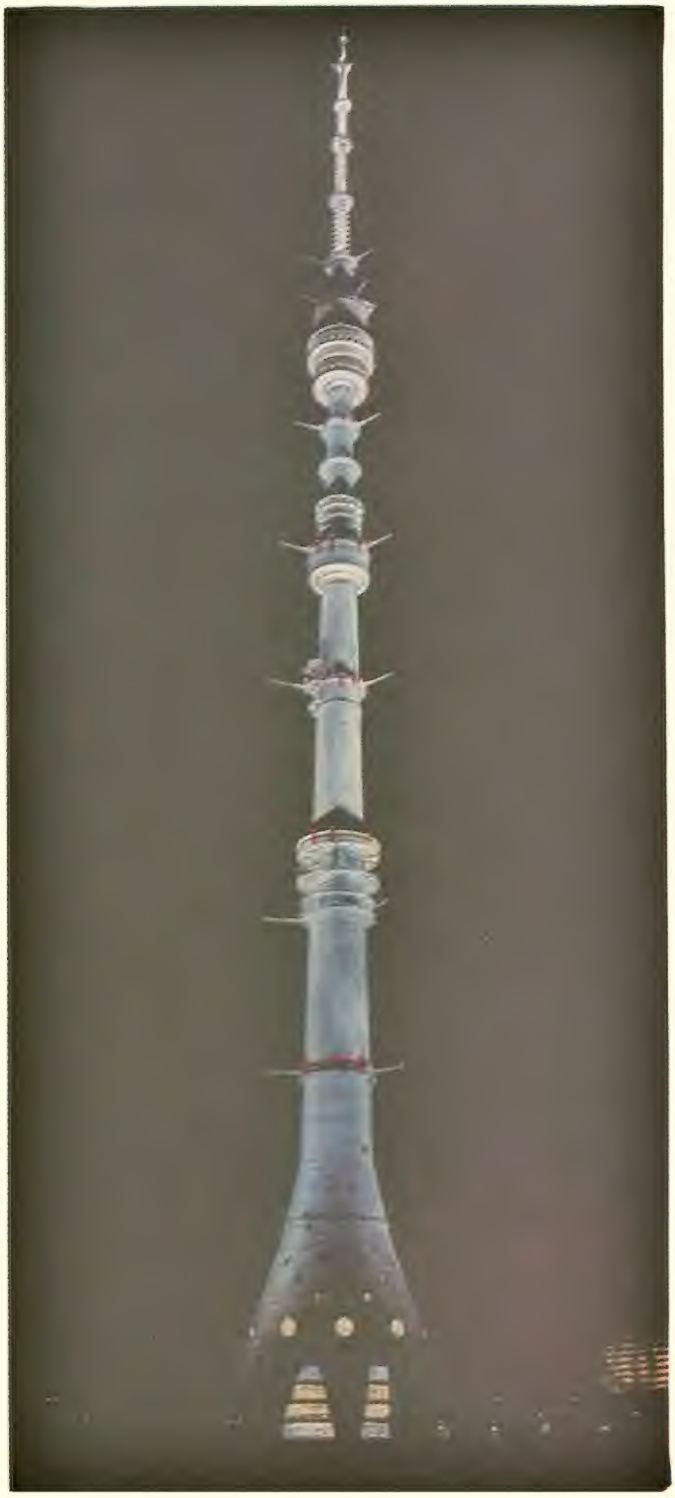
Про опалубку

Сооружение опалубки, как мы уже говорили,— одна из наиболее трудоемких работ при строительстве из монолитного бетона или железобетона. Например, для устройства опалубки крупной плотины требуется несколько эшелонов леса, который по окончании бетонирования годен разве лишь на дрова. Часто в таких случаях строители делают опалубку не из дерева, а из сборного железобетона. Из тонких железобетонных панелей устраиваются две стены, в пространство между которыми устанавливается арматура, затем укладывается бетонная смесь. Такая «опалубка» не демонтируется; она намертво сцепляется с монолитом и становится частью плотины.

А при бетонировании ствола самой высокой в мире 500-метровой Останкинской телебашни в Москве применили оригинальную *подъемно-переставную опалубку*.

Она была сделана из отдельных металлических щитов высотой 5,25 м, которые образовывали 2 вдвинутых одно в другое «кольца», между которыми укладывали арматуру и бетон. Через 30 ч после окончания бетонирования (за это время бетон набирал необходимую прочность) строители наращивали арматуру, разбирали уже ненужные нижние щиты, составляли из них кольца — на 5 м выше первых — и начинался новый цикл.

500-метровая Останкинская телебашня строилась с помощью особой подъемно-переставной опалубки — обычная опалубка на такой стройке просто немыслима.



Для выполнения этой работы был сооружен специальный *самоподъемный агрегат* — опирающийся на уже готовые части ствола самоподъемный кран с несколькими рабочими площадками и с кожухом, сохранявшим тепло вокруг зоны бетонирования, так как работы велись круглый год.

Нечего и говорить, что обычная деревянная опалубка на такой стройке просто немыслима.

Существуют и другие виды опалубки. Например, *передвижная*. Это металлические щиты, которые с помощью домкратов «ползут» вдоль бетонируемой конструкции от уже окрепших ее частей к месту укладки бетона. Или *надувная пневматическая опалубка*, в которой прорезиненная ткань, заполненная воздухом, образует форму. Такую опалубку легко «разбирать» — достаточно выпустить из нее воздух.

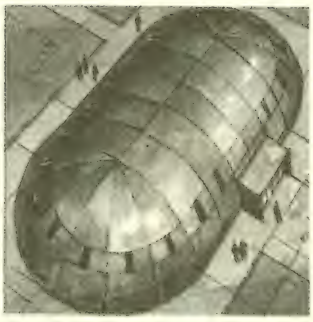
Из воздуха, под землей, над водой...

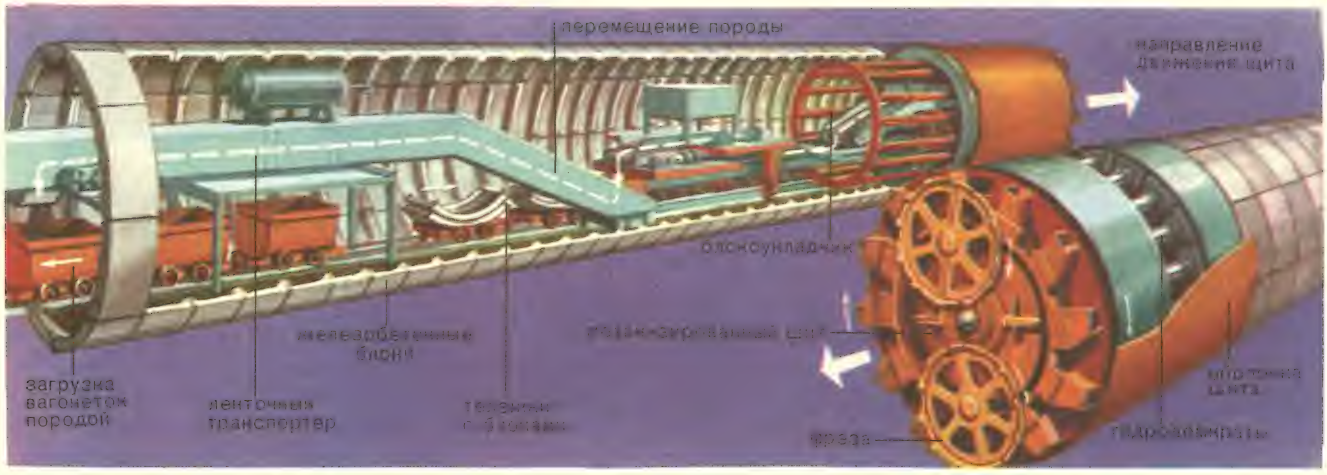
Пневматические конструкции работают сегодня не только в роли опалубок, но и самостоятельно, чаще всего в различного рода временных сооружениях — складах, павильонах. Видели, как упорно сопротивляется попыткам изменить ее форму туго накачанная воздухом велосипедная камера? Строители к надувным аркам прикрепляют пленочное или брезентовое покрытие, и получается легкое, просторное сооружение. В сложенном виде оно умещается на грузовике, а на его устройство тратятся считанные часы, надо только разложить арки и оболочку, закрепить их на площадке и накачать арки воздухом.

Существуют и такие пневматические конструкции, в которых большие компрессоры создают давление внутри всего сооружения, например внутри купольной оболочки, края которой плотно прикреплены к земле. Это давление чуть больше атмосферного, человек его даже не ощущает, но его вполне достаточно, чтобы удерживать легкое пленочное покрытие.

А под землей сжатый воздух работает на строителей совсем иначе — там он приводит в действие пневматический отбойный инструмент, которым проходчики разрабатывают встречающиеся на их пути твердые грунты и скальные породы. Однако главная трудность подземных работ не столько прорубить тоннель метро или ствол шахты, сколько сдержать давление верхних слоев земли, стремящихся завалить отвоеванное у нее пространство. Для этого строители выкладывают стены тоннеля прочными металлическими или железобетонными блоками — *тюбингами*, которые образуют сплошную трубу нужного размера. Делается это с помощью *проходческого щита* — передвигающегося вдоль тоннеля агрегата, оборудованного различными механизмами. Раздвижная передняя стенка щита защищает строителей от завалов, от просачивающихся в тоннель грун-

Эти склады построены из надувных конструкций — в одном сжатый воздух «надул» упругие несущие арки *(вверху слева)*, в другом наполнил все сооружение *(вверху в центре)*. *Внизу:* механизированный проходческий щит метростроителей разрабатывает породу, погружает ее на вагонетки, укрепляет стенки тоннеля железобетонными блоками. Скорость проходки тоннеля диаметром 5,5 м с помощью такого щита достигает 140 м в месяц. *Вверху справа:* строительство моста методом наращивания конструкций — пролетное строение растет от опоры и смыкается с соседним на середине пролета.





товых вод, а с его площадок удобно вести облицовку стенок тоннеля тюбингами.

С водой приходится вести борьбу и строителям мостов, плотин, набережных. Иногда элементы подводных конструкций, например *сваи*, изготавливают на суше, а потом забивают в донный грунт с плавучих строительных площадок, оборудованных на баржах или понтонах. В других случаях строители работают в *кессонах* — приспособлениях, напоминающих перевернутый и опущенный в воду стакан: находящийся в нем воздух не пускает воду внутрь.

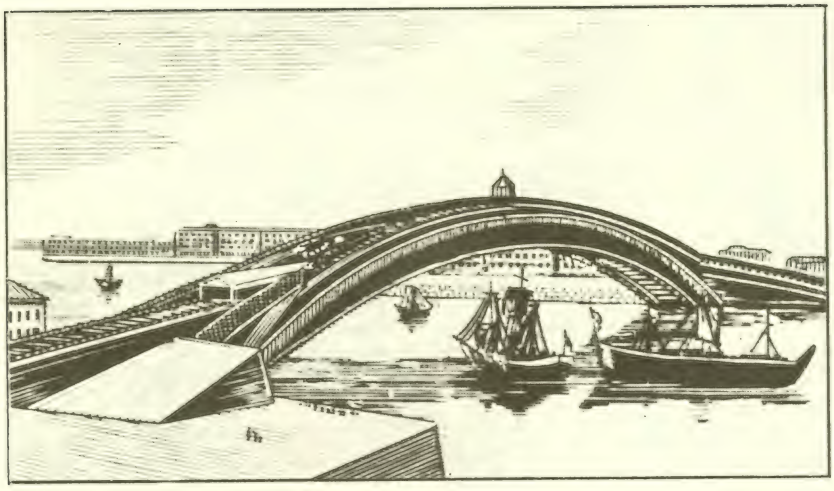
Если же сооружаются очень крупные конструкции — сложные опоры мостов *(быки)*, плотины гидроэлектростанций, строители отгораживают нужный участок реки временной водонепроницаемой стенкой и откачивают воду. Зато в других случаях вода помогает строителям, например при монтаже пролетного строения моста. Железобетонные или металлические конструкции собирают на берегу из заранее заготовленных элементов, грузят на баржи или понтоны, на плаву доставляют к быкам, поднимают их и закрепляют целиком или укрупненными секциями.

Наука — строительству

Опыт прошлого — настоящему

Среди многочисленных отраслей науки есть и такие, которые целиком поставлены на службу строительству. Так, *инженерная геология* устанавливает механические свойства различных грунтов — оснований зданий и сооружений; *сейсмология* изучает, как ведут себя постройки при землетрясениях. А в связи с необходимостью строительства крупных сооружений на грунтах, скованных вечной мерзлотой, возникла новая наука — *мерзлотоведение*.

250 лет назад замечательный русский изобретатель И. П. Кулибин проверил на модели прочность предложенного им 300-метрового арочного моста через Неву. Современники с недоверием отнеслись к его работе. А сегодня строители уверенно воздвигают в натуре самые сложные конструкции, рассчитанные и проверенные электронными машинами с помощью моделей. *На снимке справа:* испытания модели покрытия крупного цеха.



Особое место среди этих наук занимает *строительная механика,* изучающая принципы и методы расчета сооружений на прочность и устойчивость, без которых невозможно обеспечить ни надежность, ни долговечность наших построек. О расчетах сооружений на прочность уже говорилось в разделе о конструкциях. Проблема *устойчивости* — сохранения расчетной схемы сооружения в процессе его строительства и эксплуатации — встала перед строителями сравнительно недавно. В древности здания и сооружения строились не по расчету, а только на основании накопленного опыта, с очень большими запасами прочности. Конструкции получались в сотни раз прочнее, чем требовалось, а потому непредвиденные, случайные воздействия в большинстве случаев проходили для конструкций незаметно, не вредили им. Но когда начали строить более рационально, без излишних запасов прочности, любые ошибки, неумение предвидеть, как будет работать сооружение в тех или иных условиях, приводили к аварийному состоянию и даже разрушению конструкций. Так, в 1879 г. в Англии обрушился металлический мост через реку Тей, конструкторы которого предусмотрели 20-кратный запас прочности на действие полезной нагрузки, но не учли скорости и силы постоянно дующих в тех местах ветров. А они за 4 месяца расшатали мост настолько, что пришлось усиливать его конструкцию, и все-таки через полтора года он рухнул.

Различные аварии и катастрофы вообще были поучительны для развития строительной науки. Например, то, что высокие температуры резко снижают прочность металлических конструкций, обнаружилось... во время грандиозного пожара 1904 г. в американском городе Балтиморе. Опасность применения излишнего количества воды при приготовлении бетонной смеси стала очевидной после того, как в 1902 г. обрушилось железобетонное здание в Базеле.

А в 1958 г. в Рио-де-Жанейро рухнуло 10-этажное каркасное здание: оказалось, что в расчете фундаментов были допущены ошибки, которые и привели к неравномерным осадкам разных частей здания.

В наши дни ученые большую часть своих расчетов проверяют, испытывая или опытные образцы конструкций, или модели будущего здания или сооружения, выполненные во много раз меньше натуральной величины. Процесс испытания называется *экспериментальной проверкой.* Опытный образец или модель подвергается таким воздействиям, которые достаточно точно воспроизводят всевозможные реальные условия работы. А математики разработали методы *теоретического моделирования* различных процессов, и сегодня некоторые эксперименты ведутся не на стендах и полигонах, а на ЭВМ.

Часто ошибки в расчетах не ведут к авариям, но значительно удорожают строительство или ухудшают условия эксплуатации готовых зданий. Избежать их помогают, например, такие разделы строительной физики, как *теплотехника, акустика, светотехника.*

Существуют дисциплины, изучающие вопросы *экономики* строительства. Затраты на строительство в нашей стране настолько велики, что, сэкономив, например, только 5% при выполнении программы жилищного строительства в девятой пятилетке, можно обеспечить дополнительно жильем 2 млн. человек.

Все достижения ученых обобщены и закреплены в нашей стране в многотомном сборнике «Строительные нормы и правила», который сокращенно называется СНиП. На страницах СНиПа подробно рассказывается о методах расчета конструкций, о свой-

Сборочный цех-автомат под открытым небом — так представляют строители стройку будущего. Оператор координационного центра отдает указания самоподъемному крану *1*, который собирает центральный опорный ствол *13* и подвесные конструкции *2*, устанавливает на них квартирные блоки *3*. Вертолет монтирует опорные колонны *4* и фермы *5* дóма-«этажерки», на «полку» которого портальный кран *6* ставит очередную блок-квартиру *7*. А телеэкраны показывают оператору моменты монтажных работ *8, 9, 11*, прокладку подземных коммуникаций *10*, связывают его с соседними стройками *12*.

ствах материалов, о стоимости строительства и о многом, многом другом. СНиП — это свод законов строительства.

Наше завтра решается сегодня

Наука не только помогает строителям справиться с их сегодняшними трудностями, но и решает, как мы будем строить завтра. Уже намечены основные пути: полная индустриализация строительства, механизация всех производственных процессов, автоматизация, применение электронной вычислительной техники, новые принципы конструирования...

Есть еще и нерешенные проблемы. Одна из них — из чего мы будем строить. На 1 м^3 обычного кирпичного дома расходуется около 700 кг различных материалов. При каркасно-панельном строительстве эта цифра уменьшается до 300 кг. А при применении пластмасс и эффективных теплоизоляционных материалов на 1 м^3 здания расходуется только 25 кг материалов. В результате 28 квартир будут весить столько же, сколько одна,— при традиционных методах строительства. Это значит: возрастет в десятки раз производительность грузоподъемных машин, меньше потребуется транспортных средств, уменьшится количество людей, занятых на стройке.

Или такая проблема: как наиболее полно использовать все заложенные в том или ином материале возможности? Оказывается, сталь при особых методах ее изготовления и обработки может стать в десятки раз прочнее. Легко понять, какие выгоды это сулит строителям.

И решать эти проблемы надо быстро, чтобы уже сегодня можно было начать возводить те заводы, которые понадобятся строителям завтра, чтобы уже сегодня начать по-новому учить тех, кто завтра придет на стройку. Именно поэтому в чертежах, в математических расчетах, в лабораториях ученых уже сегодня разрабатывают необыкновенные конструкции, неслыханные приемы работ, невиданные материалы будущего. Пройдет время, и мы, возможно, увидим, как...

Как и сегодня, стройка нового города будет начинаться с земляных работ. Но как непохожи они на нынешние! Вместо экскаваторов и бульдозеров — бесшумные ультразвуковые, электроискровые, лазерные установки. Вместо самосвалов — трубопроводы и транспортеры. И никаких траншей — машины-кроты пробивают туннели коммуникаций прямо под землей и сами же прокладывают в них трубы и кабели.

Химия — один из основных работников стройки будущего. С ее помощью вспучивают грунты в выемках, выравнивая их без дополнительного подвоза земли, закрепляют слабые, сыпучие породы, нагнетая в их толщу цементирующие добавки с помощью специальных устройств — *иглонасосов*.

Людей на площадке почти не видно — все работы выполняют машины, которые или действуют самостоятельно, или управляются по радио. Самое оживленное место стройки — координационно-вычислительный центр, где диспетчер и его помощники — операторы руководят всеми делами строительства.

Конструкции зданий и сооружений и методы их возведения самые разнообразные.

Некоторые дома «растут», как необыкновенные фантастические растения: сначала поднимается опорный ствол с лестницами, лифтами и другими коммуникациями, а потом он «обрастает» объемными блоками комнат и квартир. Эти дома задуманы таким образом, что жилые этажи не опираются друг на друга, а подвешены к центральному стволу, как игрушки на елке. Такие подвесные конструкции можно формовать из легких синтетических материалов. Ведь основные нагрузки несут не стенки блоков, а тросы, на которых они подвешены.

Другие сооружения — *каркасные*. Они похожи на гигантскую этажерку, на полках которой стоят не книги, а те же объемные блоки — изготовленные на заводе комнаты или квартиры. И если такой блок устареет или выйдет из строя, его можно вынуть и заменить новым.

Здания и сооружения будут не только собираться из готовых элементов. Некоторые из них будут... шить, как костюмы. Из специальных материй точно по форме будущего здания раскраивается и сшивается оболочка. На стройплощадке она расстилается, крепится к земле и заполняется под давлением вспенивающейся и быстро твердеющей пластмассой. Такая оболочка легка, удобна в работе и выполняет одновременно роль и формы, и отделочного слоя.

И наконец, еще более оригинальное сооружение — спортзал без... стен и крыши. Защищают болельщиков и спортсменов от дождя и снега *воздушные струи* — мощные насосы-компрессоры в непогоду устраивают над трибунами и спортплощадкой воздушную завесу. А зимой этот «воздушный замок» обогревается инфракрасными излучателями. В таком строительстве главная работа не возведение конструкций, а монтаж оборудования.

Сооружения самых разнообразных и непривычных форм, легкие, многоцветные, утопающие в зелени, отражающиеся в живописных водоемах; дома, напоминающие покрытые садами холмы или раскрытые к небу и солнцу гигантские воронки, дома-мосты и другие причудливые здания — таким представляется сегодня яркий мир города будущего архитекторам и конструкторам.

Как изготовляют одежду, обувь и продукты питания

От волокна до ткани

Если вы внимательно рассмотрите ткань вашего платья, то увидите, что она состоит из отдельных нитей, тесно переплетенных между собой. А нить, в свою очередь, сделана из отдельных волоконец, у которых длина примерно в тысячу раз больше толщины. Соединять отдельные короткие и тонкие волокна в длинные нити — *пряжу* — и делать из нее ткани человек научился еще в глубокой древности. При этом люди использовали те волокна, которые им давала природа,— волокна диких растений, шерсть животных, волокна льна и конопли. С развитием земледелия люди начали выращивать хлопчатник, дающий очень хорошее и прочное волокно.

В наше время кроме волокон *натуральных* растительного и животного происхождения применяют *химические* волокна.

Натуральные текстильные волокна

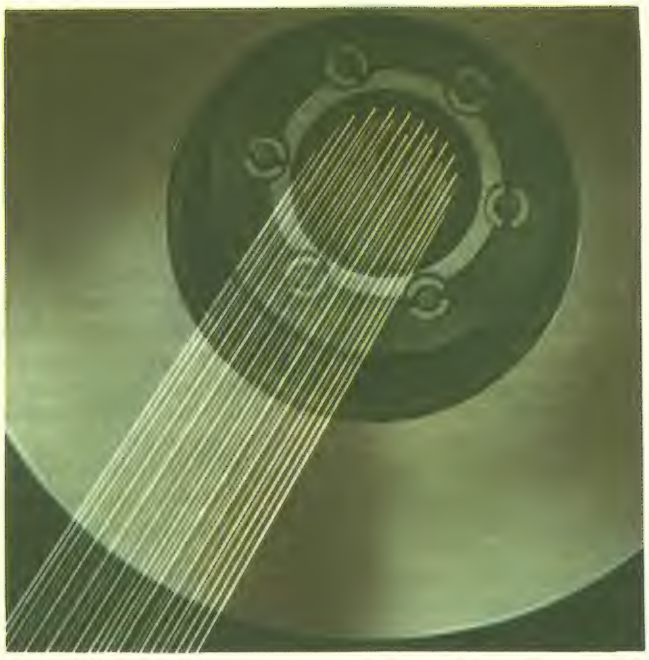
Волокна состоят из веществ, которые относятся к высокомолекулярным соединениям — *полимерам* (см. т. 3 ДЭ, ст. «Полимеры»). Из встречающихся в природе веществ к полимерам, например, относятся *целлюлоза* — основная часть растительных волокон, *кератин* и *фиброин* — основные белковые вещества, из которых состоят шерсть и шелк.

Важнейшее природное текстильное волокно — *хлопок*. Это волоски на семенах хлопчатника. На хлопкоочистительных заводах *хлопок-сырец*, представляющий собой большое количество семян хлопка, покрытых хлопковым волокном, очищают от попавших при сборе хлопка растительных примесей (частей коробочек, листьев и др.), а затем отделяют волокна от семян на специальных машинах — *волокноотделителях*. Потом волокно прессуется в кипы.

Длина волокон хлопка различна — от 10,3 до 60 мм. Хлопковое волокно тонкое (средняя толщина — 20—22 мкм), но очень прочное. Оно дешевое, хорошо красится.

Из хлопка получают тонкую, равномерную и прочную пряжу и делают из нее самые разнообразные ткани — от тончайших батиста и маркизета до толстых обивочных тканей.

Текстильные волокна получают также из стеблей и листьев растений. Такие волокна называют *лубяными* и *листовыми*. Они бывают тонкие (*лен, рами*) и грубые (*пенька, джут* и др.). Из тонких волокон делают различные ткани, из грубых — мешковину канаты и веревки.



Фильера — деталь машин для формования химических волокон. Она делается из тугоплавких металлов в форме цилиндрического колпачка или диска с тонкими отверстиями. Через эти отверстия продавливают расплавленную массу, она затвердевает, и получаются нити.

Шерсть давно известна людям. Основную массу шерсти (до 95%) дают овцы. По своему значению для народного хозяйства шерсть занимает второе место после хлопка. У нее много весьма ценных свойств: она легка, плохо проводит тепло и хорошо поглощает влагу.

Овец стригут или раз в год — весной (при этом шерсть снимается сплошным пластом — *руном),* или дважды — весной и осенью. При осенней стрижке шерсть получается в виде клочков.

На фабриках первичной обработки — *шерстомойках* — шерсть освобождают от грязи и посторонних примесей. Руно, одинаковое по своим свойствам, объединяют в общие партии. Из шерсти делают гладкую пряжу, а также пушистую, толстую. На поверхности гладкой ткани хорошо виден рисунок переплетения нитей. Такие ткани прочны, легки, мало мнутся. Из них шьют различную одежду — платья, костюмы, пальто. Из пушистой и толстой пряжи вырабатывают более тяжелые ткани (суконные), имеющие большую толщину и ворсистую поверхность.

Шерсть — единственное натуральное волокно, из которого путем его *свойлачивания* можно получать различные *войлоки* и другие упругие и плотные материалы.

А натуральный *шелк* получают так. Когда гусенице тутового шелкопряда приходит время превращаться в куколку, чтобы затем стать бабочкой, она выпускает из себя тонкую нить, прикрепляет ее к сухой ветке и сплетает себе из этой нитки оболочку-гнездо — *кокон* (см. ст. «Тутовый шелкопряд» в т. 6 ДЭ). Из этих тончайших ниток кокона и делают шелк.

Шелковые коконные нити состоят из 2 шелковинок, склеенных между собой особым веществом — *серицином,* длина их достигает 400—1200 м. Если дать куколке превратиться в бабочку и выйти из кокона, в шелковых оболочках появятся дырочки. Такие коконы очень трудно разматывать. Поэтому куколку умерщвляют, обрабатывая коконы горячим воздухом, а затем, чтобы они не гнили, сушат. Так как шелковая нить очень тонкая (средняя толщина ее — 25—30 мкм), при разматывании соединяют нити нескольких коконов (от 3 до 10). При этом нити прочно склеиваются серицином. Такую нить называют *шелком-сырцом.*

Химические волокна

Природное сырье имеет свои недостатки. Натуральные волокна, например, слишком коротки, недостаточно прочны, требуют сложной технологической обработки. И люди стали искать сырье, из которого можно было бы дешевым способом получать ткань, теплую, как шерсть, легкую и красивую, как шелк, дешевую и практичную, как хлопок.

Успехи современной химии позволили создать такое химическое волокно из природных полимеров, главным образом целлюлозы, получаемой из дерева, соломы. Такое волокно называется *искусственным,* а волокно из синтетических полимеров — *синтетическим.*

При производстве химических волокон сырье растворяют или расплавляют и получают вязкую массу, которую продавливают через мельчайшие отверстия — *фильеры* (фильера — рабочий орган машины для формования химических волокон).

Скорость формования химического волокна очень велика и достигает иногда 3000 м/мин. При этом из 1 м^3 древесины ели можно получить 1500 м вискозной ткани. Для сравнения скажем, что шелкопряд за свою жизнь дает только один кокон — 0,5 г шелковой нити, длиной в среднем 700 м.

В зависимости от вида химического сырья и условий его формования можно вырабатывать волокна с самыми различными, заранее намеченными свойствами. Чем сильнее тянуть струйку в момент выхода ее из фильеры, тем прочнее получается волокно. Иногда химические волокна даже превосходят по прочности стальную проволоку такой же толщины. Такие нити незаменимы в технике. А в последнее время из химических волокон (главным образом полиамидных) стали делать *высокообъемные нити.* Такие нити состоят из *элементарных нитей,* которые в той или

Катушки с пряжей, или бобины.

иной степени извиты путем кручения и сжатия. Извитки могут находиться в одной плоскости или иметь пространственное расположение. Эти нити толще, чем обычные, прочны, прекрасно растягиваются. Изделия из них очень красивы.

Из химических волокон делают самые разнообразные ткани. Одни из них — очень тонкие, легкие и прозрачные — превосходят по качеству и красоте натуральный шелк. Другие — более плотные, ворсистые, мягкие — очень похожи на шерсть, но в то же время прочнее ее.

Семья химических волокон все время увеличивается.

Изготовление пряжи

После того как получены волокна, можно перейти к изготовлению пряжи. Для большинства химических волокон, которые сразу производят заданной длины и толщины, дальнейшая обработка не нужна. А вот для натуральных волокон, имеющих (за исключением шелка) незначительную длину, обработка необходима и сводится в основном к тому, что отдельные волокна скручивают в тонкие гибкие нити.

В течение многих столетий люди пряли вручную — вытягивали пальцами из массы волокон узенькую ленточку и скручивали ее. Позднее это стали делать с помощью *ручных веретен*. Потом появилась первая текстильная машина — *прялка*, затем *самопрялка*, которая одновременно скручивала пряжу и наматывала ее на веретено. Все эти машины приводились в действие мускульной силой человека.

Современное прядение — одно из основных производств текстильной промышленности — в высокой степени механизировано и автоматизировано. Так как текстильные волокна различны по своим свойствам, для переработки их в пряжу применяют и машины разных конструкций, и разную технологию прядения.

Вот как перерабатывают хлопковое волокно.

Сначала волокно, поступившее на фабрику спрессованным в кипы, разрыхляют, т. е. разделяют на мелкие клочки, при помощи игл и зубьев *разрыхлительной* машины. Затем в *трепальной* машине при помощи специального барабана от волокна отделяют сор, и оно еще более разрыхляется. При разрыхлении и трепании волокно много раз перемешивается.

Дальше массу хлопка разделяют на отдельные волокна, окончательно очищают их, распрямляют и располагают параллельно друг другу. Эту сложную работу выполняют на *чесальных*, а также на *лентосоединительных* и *ленточных* машинах. Поверхность рабочих органов чесальных машин покрыта игольчатой лентой. Материал пропускают между быстро вращающимся барабаном и медленно вращающимися шляпками (узкие пластины игольчатой ленты) или валиками. Чтобы получить самую гладкую, тонкую, особо прочную пряжу, волокна прочесывают специальными гребнями. Короткие волокна и примеси при этом не удерживаются в зажимах и вычесываются.

После чесания получают тонкий слой волокон — *ватку*, или *прочес*. На тех же машинах ватка превращается в толстый рыхлый жгут — *ленту*. Ленту выравнивают по толщине на *ленточных*, затем на *ровничных* машинах ее вытягивают и слегка подкручивают для упрочнения тонкой нити. Несколько лент складывают вместе и вытягивают, слегка скручивая, до тех пор, пока не получится *ровница* — промежуточная по толщине между лентой и пряжей нить.

И наконец, на *прядильных* машинах из ровницы получают *пряжу*. Ровница вытягивается, скручивается и наматывается одновременно.

В прядении волокон сейчас применяют вытяжные приборы различных конструкций. Основу их всех составляют *вытяжные пары* — валики, вращающиеся в разные стороны. Лента, а затем ровница постепенно вытягиваются, двигаясь от одной пары валиков к другой. Приборы сверхвысокой вытяжки растягивают их в 200—300 раз и дают возможность получать пряжу прямо из ленты.

Наши конструкторы создали еще и такие машины, которые одновременно выполняют и прядение, и кручение, и намотку пряжи. Такие машины называются *прядильно-крутильными*. На них можно вырабатывать крученую пряжу из хлопка, шерсти, вискозного или синтетического штапельного волокна, а также из смеси этих волокон. Можно получить пря-

жу мулине и фасонную пряжу. На прядильно-крутильных машинах все четыре операции выполняются по новому принципу совмещения процессов. Применение таких машин снижает расход электроэнергии почти в 2 раза, повышает производительность труда и увеличивает количество вырабатываемой пряжи по сравнению с обычными машинами. Работают они с более высокой скоростью.

Перспективно также применение пневмомеханических прядильных машин, на которых прядение производится прямо из ленты (без ровницы). Они работают в 3—3,5 раза быстрее, чем обычные.

Производство тканей

Теперь можно перейти к следующему этапу создания нашей одежды — к *ткачеству*, т. е. производству тканей из пряжи или непосредственно из химических волокон.

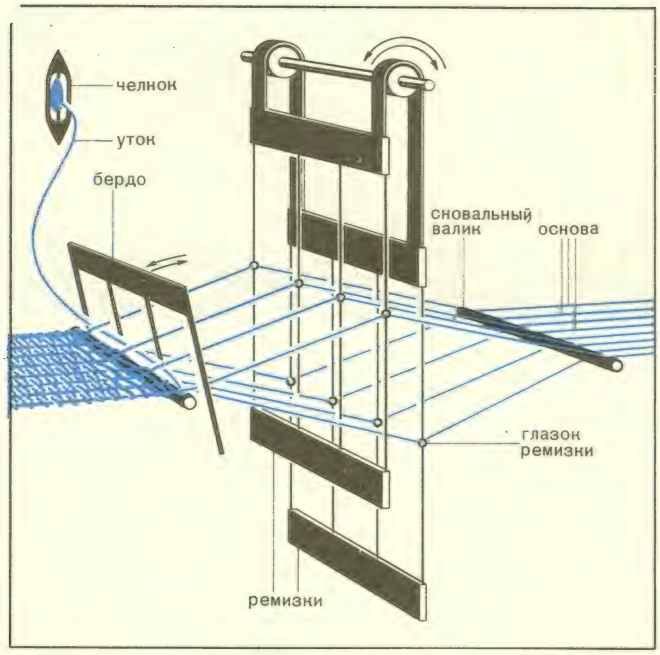
Если рассмотреть поверхность ткани с лицевой стороны в лупу, то видно, как отдельные нити, идущие вдоль куска — *основы* — переплетаются с нитями поперечного направления — *утко́м*. Нити основы идут параллельно друг другу вдоль всего куска ткани. Поэтому, прежде чем основная пряжа поступит на ткацкий станок, необходимо уложить рядами ее длинные нити. Для этого их наматывают параллельно на общий валик — *навой*. При этом нити основы должны быть сильно натянуты, чтобы в процессе ткачества они плотно переплетались с уто́чными нитями. В то же время они должны свободно раздвигаться всякий раз, когда *челнок* с уто́чной нитью пролетает между ними (до 220—240 раз в минуту). А чтобы они не обрывались при ткачестве, их пропитывают специальным клеящим составом — *шлихтой*.

Все операции, выполняемые с основными нитями до того, как они поступят на ткацкий станок, производятся на *мотальных, сновальных* и *шлихтовальных* машинах.

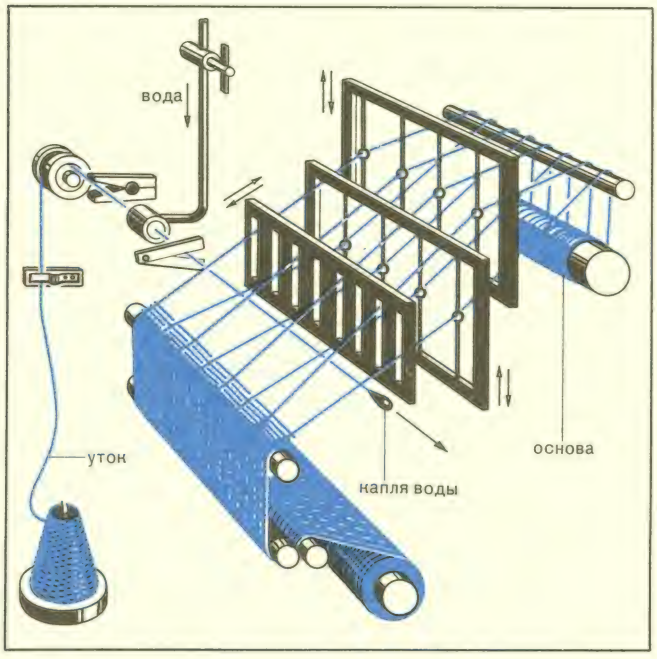
Уточную пряжу также перематывают и иногда увлажняют или обрабатывают эмульсией, чтобы сделать более упругой и гладкой.

Подготовленные нити основы и утка́ поступают на ткацкий станок. Нити основы свиваются с навоя, помещенного позади станка, и поступают на станок в виде горизонтального полотна под натяжением, которое регулируется грузом или специальными регуляторами. Чтобы можно было управлять порядком раз-

Принципиальная схема работы простейшего ткацкого станка с 2 ремизками.



Внизу: схема бесчелночного ткацкого станка. В нем нить утка проталкивается между нитями основы каплей воды, вылетающей из сопла.



движения нитей основы при прокладывании между ними нитей утка (создавать желаемое переплетение нитей в ткани), их предварительно продевают каждую в отдельности через специальную петельку — *глазок,*— привязанную к планкам рамки, называемой

Виды гладких переплетений в тканях. *Слева направо:* сатиновое, полотняное, саржевое. Структура ткани увеличена в 4 раза.

Внизу: автоматический ткацкий станок.

ремизкой, а также между зубьями *берда* (металлического гребня). Ремизки могут подниматься или опускаться. При подъеме некоторых ремизок (хотя бы одной) часть нитей основы поднимается, а другая опускается, причем между ними образуется пространство (как бы двугранный угол), называемое *зевом*. В это пространство и пролетает челнок. В челноке находится *шпуля* с уточной нитью. Сматываясь со шпули, уточная нить остается в зеве, располагаясь между нитями основы. Затем ремизки возвращаются в первоначальное положение, и нити основы совмещаются снова в одну плоскость. А бердо, заключенное в качающейся раме *(батане)*, прибивает нить утка к проложенным ранее нитям (*опушке ткани*). Готовая ткань наматывается на *товарный валик*.

На ткацком станке с двумя ремизками (на рисунке показана принципиальная схема его работы) можно вырабатывать только ткани с самым простым переплетением нитей — *полотняным*. Чтобы получить ткани с более сложными переплетениями, необходимо большее количество ремизок — до 24. Ткацкие станки в таких случаях оборудуются специальными ремизоподъемными каретками. Но бывают станки и без ремизок — *жаккардовые*. Подъем основных нитей в них производится с помощью крючков, каждый из которых может действовать независимо от других. На подобных станках изготовляют ткани со сложными и крупными узорами, называемые по наименованию ткацкого станка *жаккардовыми*.

Как же строятся переплетения нитей в тканях? Рассматривая ткани с лицевой стороны, можно заметить, что основные нити ложатся в определенном порядке — то сверху, то снизу утка. Это создает тот или иной рисунок переплетения нитей в ткани и придает ей различные свойства. Количество рисунков ткацких переплетений очень велико. По сложности они делятся на *гладкие* (или простые), *мелкоузорчатые, сложные* и *крупноузорчатые*.

К гладким переплетениям относятся *полотняное, саржевое* и *сатиновое*. Самое простое и распростра-

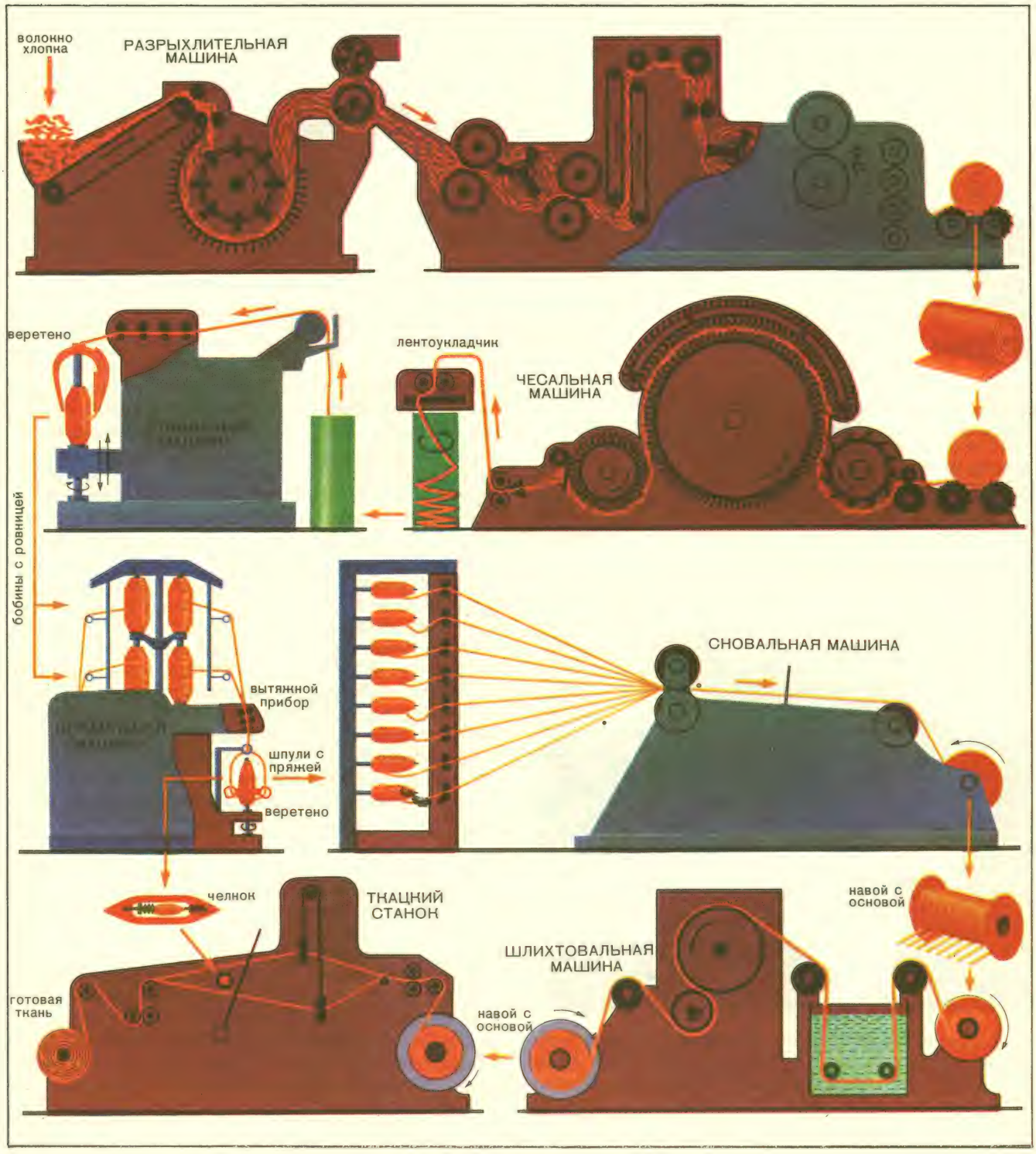
Схема текстильного производства. Разрыхлительная машина. С помощью ее игл и зубьев спрессованное в кипы волокно разделяется на мелкие клочки.

Трепальная машина. В ее сетчатом барабане волокна разрыхляются и еще больше очищаются.

В чесальной машине все рабочие органы покрыты игольчатой лентой. Здесь волокна разделяются на отдельные волоконца и окончательно очищаются.

На ровничной машине ленту, полученную на чесальной машине, скручивают и вытягивают в ровницу.

В прядильной машине валики, вращаясь в разные стороны, вытягивают ров-



ницу в пряжу, а веретена скручивают ее.
Сновальная машина скручивает тонкие нити в основную нить, из которой на ткацком станке ткут ткани.
На шлихтовальной машине нить пропитывают клейким раствором — шлихтой, чтобы она не рвалась в процессе ткачества. На ткацком станке получают готовые ткани.

ненное из них — полотняное. На рисунке вы можете увидеть, что каждая нить основы в нем переплетается с уточной через одну. Ткань полотняного переплетения очень прочна. Поверхность ее гладкая, матовая, одинаковая с лица и изнанки. Ситец, бязь и многие другие хлопчатобумажные ткани, почти все льняные (полотно, парусина и т. п.), а также все шелковые ткани имеют полотняное переплетение нитей.

Ткани саржевого переплетения легко отличить по косым полоскам на поверхности, идущим обычно слева направо и снизу вверх. Такое переплетение нитей имеют главным образом шерстяные ткани: бостон, шевиот, коверкот и другие,— а также шелковые подкладочные и некоторые хлопчатобумажные.

Поверхность тканей сатинового переплетения гладкая, блестящая, потому что основные и уточные нити в них редко изгибаются. На лицевой стороне такой ткани образуется как бы настил из уточных (или основных) нитей. Однако при таком строении ткань получилась бы недостаточно прочной: ведь основные и уточные нити в ней переплетаются сравнительно редко. Поэтому, чтобы сделать ткани прочнее, их вырабатывают очень плотными. Сатиновое переплетение нитей имеет сатин.

Ткацкие станки бывают ручные, простые механические и автоматические. В *ручном* станке все последовательные процессы образования ткани выполняет ткач с помощью простейших приспособлений. Сейчас такие станки применяют только для выработки художественных изделий. В *простом механическом* станке ткань образуется специальными механизмами, получающими движение от привода. Ткач заменяет пустые («сработанные») уточные шпули полными, устраняет обрывы нитей, наблюдает за работой станка. В *автоматическом* ткацком станке пустые шпули полными заменяет на ходу автоматически особый механизм. При обрыве основной нити станок автоматически останавливается. Один ткач обслуживает до 12 простых механических станков и до 48 автоматических. В нашей стране автоматические станки заняли ведущее место в ткацком производстве.

Однако ткачество все-таки остается одним из самых трудоемких процессов. Многие изобретатели и ученые работают над созданием новых типов ткацких станков — бесчелночных, рапирных и др.

В *бесчелночных* станках уточная нить сматывается не со шпули, которую несет челнок, а с неподвижных бобин (катушек), расположенных вне зева. Нить вводится в зев разными способами, например маленькой *захваткой*, прокидываемой через зев, так же как челнок в обычных ткацких станках. В других станках уточная нить протаскивается при помощи движущихся навстречу друг другу *рапир* — металлических лент, в третьих — при помощи *капли воды*, под большим давлением выталкиваемой из сопла струей сжатого воздуха.

Отделка тканей

Ткань, которую снимают со станков, называется *суровой* или *суровьем*. Прежде чем поступить в продажу, она проходит операции отделки. Ткани различного назначения отделывают по-разному. Одни отбеливают, другие окрашивают, на третьи наносят печатный рисунок. Ткани делаются блестящими или матовыми, гладкими или ворсистыми. При окончательной отделке их пропитывают составами, придающими им более красивый вид, мягкость или жесткость, несминаемость, молеустойчивость и т. п.

Ассортимент тканей значительно расширился, а качество тканей улучшилось благодаря использованию различного типа новых специальных отделок. Например, отделкой создаются гофрированные ткани из полиамидных волокон типа капрон. При этом на ткань в соответствии с рисунком наносят фенольные препараты, от которых ткань местами садится, а местами на ней образуются выпуклости. Двойные ткани типа «Космос» имеют обыкновенно верх из тонкого капрона, а подкладку из вискозы. Если такую ткань обработать на холоде щелочью, то вискоза дает усадку, а капрон образует вздутия. Так на ткани создается рельефный рисунок.

Если на ткань из капроновых и вискозных волокон с помощью специальных шаблонов нанести загущенные растворы кислоты, то после нагревания вискозные волокна от кислоты разрушаются и остаются лишь нити прозрачного капрона. В результате на ткани образуется ажурный узор.

Разработан простой и дешевый способ получения на ткани узора из короткого ворса (до 2 мм) — так называемое *флокирование*. Ткань с нанесенным на нее по заданному рисунку клеевым веществом помещается в электростатическое поле, куда также подаются короткие волокна ворса. Ворсинки, заряжаясь, принимают вертикальное положение и приклеиваются к ткани по рисунку. С непроклеенных участков ворсинки стряхиваются.

Очень эффективна так называемая несминаемая (или *противосминаемая*) отделка. При этом ткани

Машина для окраски тканей.

(вискозные, штапельные, некоторые хлопчатобумажные и полушерстяные) пропитывают специальными составами, высушивают и подвергают термической обработке. В результате повышается упругость материала и снижается его способность поглощать влагу и, следовательно, давать усадку. Если такую ткань пропустить через *тиснильные каландры*, выдавливающие выпуклый узор, а затем подвергнуть термообработке, то такой узор сохранится длительное время (10—15 стирок). Такая отделка называется *стойким тиснением*.

Ткани отделываются все более разнообразно. Например, выпускаются *металлизированные* ткани. *Металлизация* — нанесение на ткань тонких слоев различных металлов: алюминия, хрома, кадмия, олова, цинка, серебра, золота и других металлов, некоторых сплавов и неорганических веществ. Металлизация позволяет создать желаемые декоративные свойства ткани, а также сделать их теплозащитными, токопроводящими, диэлектрическими и т. п.

Металлизация тканей основана на свойстве атомов, образованных с помощью термического испарения металлов, перемещаться в условиях вакуума лучеобразно и покрывать поверхности, находящиеся на их пути. Металлизированные ткани применяют для занавесей, плащей, подкладок. Из них делают также спецодежду для рабочих горячих цехов.

В прежнее время цветные рисунки (узоры) наносились на ткань ручным способом. Такой способ назывался *набивкой, набойкой,* поэтому и теперь иногда узорчатые ткани называют *набивными*. Для набивки изготовляли специальные *резные* формы с рельефными узорами (манеры, цветки) или *наборные* формы, узор которых набирался из медных пластинок или проволоки. При набивке форму, покрытую краской, накладывали на ткань и ударяли по ней молотком. Чтобы рисунок был ярче, его расцвечивали кистью от руки.

Однако таким способом раскрашивать ткани медленно и дорого. Поэтому теперь набивка почти не применяется. Современные *печатные машины* в одну минуту могут нанести рисунок на 125 м ткани.

В печатной машине ткань проходит между *печатными валами* и большим вращающимся металлическим *цилиндром*. На печатных валах выгравирован углубленный рисунок, на который щеточным валиком наносится краска. При печатании вал прижимает ткань к большому цилиндру, и на ней получается рисунок. Каждый печатный вал наносит на ткань часть рисунка только одного цвета. Поэтому на современных печатных машинах бывает до 16 валов. Однако в некоторых машинах один вал может дать и весь рисунок.

Ткани, которые не ткут

Создание новых синтетических материалов помогло ученым и инженерам разработать способы изготовления тканей без прядения и ткачества. Такие «ткани» называют *неткаными*. Они представляют собой слой волокон, скрепленных тем или иным способом.

Нетканые материалы очень экономичны, так как их можно делать даже из отходов — из коротких неполноценных волокон. Кроме того, для их изготовления могут быть использованы волокна всех видов: льняные, хлопковые, шерстяные, искусственные и синтетические. И к тому же при их производстве не требуется столько топлива, вспомогательных материалов, электроэнергии, рабочей силы, как при ткачестве.

Если сравнить производство нетканой и тканой байки, то первая дешевле примерно в 1,5 раза, а производительность труда при изготовлении нетканой байки в 3 раза выше, чем при изготовлении тканой. Если ткацкий станок дает за час в среднем 5 м ткани, то некоторые способы изготовления не-

тканых материалов позволяют получить до 300 м в час.

Нетканые материалы отличаются хорошей воздухопроницаемостью, легкостью, отличными теплозащитными свойствами, прочностью, а по виду многие из них не уступают тканым.

Существуют различные способы получения нетканых материалов. Основная масса материала для верхней одежды изготовляется *вязально-прошивным* способом на *чесально-вязальном* агрегате. При этом готовится волокнистый холст нужной ширины и толщины, который по транспортеру перемещается к *многоигольной вязально-прошивной установке,* скрепляющей холст параллельными строчками. Этим способом изготовляют также полушерстяные материалы типа сукна и драпа для пальто.

Можно получить нетканый материал и другим способом: *склеивая* волокна специальными клеями. В качестве таких клеев можно применять некоторые синтетические волокна, плавящиеся под действием высокой температуры. Если их смешать с волокнами, составляющими основу материала, и пропустить через горячие *каландры* (металлические валы), то они расплавятся и прочно склеят смесь. Волокна можно проклеивать, опуская их в жидкий каучук.

Применяя разнообразные клеи и смеси волокон, ученые получили ткани, совсем непохожие друг на друга: и мягкие ворсистые, и гладкие. Проклеивая смесь волокон *латексами,* можно получить бортовочный материал — флизелин. Он упруг, не мнется, не изменяет форму, в 2,5 раза легче льняной бортовки, устойчив к химчистке и стирке. Без ткачества изготовляют изоляционные материалы, повязки для больных ревматизмом или радикулитом.

Тяжелые дорогие шерстяные ткани, толстые ватины и ватные прокладки в одежде можно заменить еще одним видом материала. Его получают при соединении недорогих тканых материалов с тонкими пенополиуретановыми пленками — пористыми материалами типа поролона. В результате многих опытов ученые пришли к выводу, что наилучший способ получения таких материалов — склеивание на специальной машине текстильной ткани и пленки при помощи резиновых клеев. При соединении тонких трикотажных полотен, хлопчатобумажных, вискозных, и нетканых материалов с этой пленкой получается двухслойный материал, одежда из которого по своим теплозащитным свойствам превосходит любую другую. Она хорошо сохраняет размер и форму, потому что материал практически не садится.

Широко применяется сейчас для плащей синтетическая ткань «болонья», получившая название от итальянского г. Болонья, где впервые была изготовлена. «Болонья» обрабатывается водо- и грязеотталкивающими составами и отличается почти полной водонепроницаемостью.

На швейной фабрике

Одежда закрывает бóльшую часть тела человека, поэтому очень важно, чтобы она была удобной.

Одежда должна создавать вокруг нашего тела благоприятный микроклимат, чтобы тело могло дышать, должна соответствовать гигиеническим требованиям.

Эти требования очень разнообразны и зависят от назначения одежды, климата, времени года и даже суток и т. д. Поэтому так многообразна и наша одежда. Тем, кто живет и работает в северных широтах, нужна теплая одежда, которая бы хорошо защищала при длительной работе на морозе, на ветру и т. п. В этом случае большую роль играет так называемое *тепловое сопротивление* одежды, отделяющей тело от окружающей среды. Важны конструкция одежды и то, как скреплены участки, через которые может проникать холодный воздух.

Летом в жару необходимо, чтобы тело не перегревалось, чтобы одежда была вентилируемой, обеспечивала нужный обмен воздуха. Одежда рыбаков, оленеводов, горнорабочих Крайнего Севера, трактористов имеет свои особенности: она не должна промокать, но в то же время должна пропускать воздух.

Большое значение для человека имеет и масса одежды. От тяжелой одежды болят плечи, быстро появляется усталость, ухудшается самочувствие, в ней трудно работать. Масса зимней одежды, даже в средней полосе страны, около 8—10 кг. А это составляет 12—14% по отношению к средней массе человека — 70—75 кг. Между тем шкура пушного зверя составляет примерно 5% от массы животного!

И еще: независимо от назначения одежда должна быть красивой, будь то нарядный костюм или рабочий комбинезон. Одежда должна всегда украшать человека.

Одежду делают из самых разнообразных материалов. Для зимних вещей используют ткани, пло-

хо проводящие тепло: они лучше греют. Для летней, наоборот, употребляют ткани с большой теплопроводностью и воздухопроводностью, обычно светлых тонов: ведь светлая ткань лучше отражает солнечные лучи. Белье шьют из мягких, легких, хорошо стирающихся тканей.

Основные материалы для верхней одежды — различные шерстяные ткани, трикотаж, мех, некоторые нетканые материалы. Для подкладки используют шелковые, полушелковые и хлопчатобумажные ткани. Жесткость отдельным частям одежды придают с помощью бортовой ткани, флизелина и т. д. Для придания одежде теплозащитных свойств используют ватин, вату, поролон и др.

Скрепляют детали одежды нитками или клеем. Для одежды необходимы еще и пуговицы, крючки, кнопки, пряжки, ленты, тесьма, кружева, шнуры и др.

На современных швейных фабриках одежду изготовляют *непрерывно-поточным* способом. Это значит, что рабочие места и оборудование размещаются в цехе последовательно, по ходу технологического процесса. От одного рабочего места к другому обрабатываемые изделия передаются различными устройствами: это скаты, транспортеры, конвейеры, которые могут менять скорость, перемещать изделия не только вперед, но и назад, а на некоторые рабочие места даже по нескольку раз.

При массовом производстве одежды происходит дальнейшее разделение труда и специализация работ на каждом рабочем месте. Универсальные машины для шитья вытесняются машинами, предназначенными для выполнения отдельных операций — втачивания рукавов, оттачивания бортов и т. д. Много автоматических и полуавтоматических машин. Производительность таких машин и качество работы значительно выше. Например, на втачивание рукава идет в 2—2,5 раза меньше времени, чем шло при использовании универсальных швейных машин.

Из чего же складывается рабочий процесс на швейной фабрике?

Прежде всего художники-модельеры создают эскизы моделей одежды, из которых выбирают лучшие образцы. Затем конструкторы разрабатывают выкройки деталей одежды. Художник-модельер, проектируя новые модели, учитывает главным образом эстетические требования. Задача конструктора заключается в том, чтобы сделать модели экономичными и технологичными. Для проектирования одежды необходимы и очень хорошие манекены.

Но как правильно рассчитать размеры одежды? Ведь с каждого человека мерку не снимешь! Но это и не нужно. Надо только хорошо знать особенности человеческой фигуры и ее изменения в зависимости от возраста, климата и т. д. Сейчас при шитье одежды учитывают не только *размер* изделия (определяется по полуобхвату груди) и *рост* (по длине тела), но и *полноту* (полуобхват талии и бедер).

А как раскраивают ткани, если одновременно шьется так много изделий? При массовом производстве ткань настилают в несколько десятков слоев, высокой стопкой, и выкраивают сразу десятки деталей. Высота стопки, называемой в швейном производстве *настилом,* зависит от вида ткани, ее толщины и отделки и т. п. Хлопчатобумажные ткани (ситец, сатин и др.) настилают в 150—180 полотен; бобрик, драп — в 18—26. На верхнее полотно наносится с помощью *лекала* (выкройки из картона, окантованные жестью) контур выкройки изделия.

Ткани необходимо тщательно подготовить к раскрою: промерить их длину и ширину, подобрать по цвету, рисунку и т. д. Экономичность раскроя зависит от того, как разложены на настиле лекала, как подобраны ткани по длине, ширине и т. д.

Раскраивается ткань по предварительно очерченным контурам при помощи машин различных типов: *передвижных* с прямым или круглым ножом и *неподвижных,* так называемых *ленточных,* где нож имеет форму ленты и неподвижен. В этом случае при раскрое закройщик передвигает ткани.

Передвижные машины с *прямым ножом* применяют главным образом для рассекания настила на части и вырезания деталей простой конфигурации.

У передвижной машины с *круглым ножом* (применяется при раскрое белья, легкого платья и т. д.) режущей частью служит диск, направляемый рукой человека.

Далее детали вырезаются ленточной машиной. Нож такой машины представляет собой стальную ленту шириной 13—15 мм. Чтобы детали точно соответствовали нужным размерам, на верхний слой накладывают лекала.

Применяют и *вырубание* деталей вместо выкраивания, когда размеры и форма деталей более или менее стандартны и меняются редко. Вырубание очень перспективный метод, он позволяет применять простые по конструкции машины с резаками и автоматизировать процесс.

Скроенные детали (в зависимости от вида и назначения изделия) соединяются различными швами на разнообразных швейных машинах: стачиваются на быстроходных *одноигольных* машинах, которые делают 500 стежков в минуту и более; стегаются на *многоигольных* машинах и т. д. Широко распространены швейные машины с *зигзагообразной строчкой,* машины *потайного стежка, вышивальные* ма-

шины, автоматы *для пришивания пуговиц* и *крючков, петельные машины.*

Наши ученые ищут новые методы соединения тканей. Это особенно важно для синтетических материалов. Шить из них одежду на обычных швейных машинах затруднительно: они очень упруги, скользят — и детали одежды при шитье стягиваются по линии шва, появляются складки. Кроме того, волокна, составляющие эти ткани, не выносят высоких температур, поэтому на больших скоростях работы швейных машин при проколе иглой слои ткани сплавляются. И вот была создана новая, совсем необычная безниточная машина. Она не сшивает, а *сваривает* ткани при помощи ультразвука. Она очень похожа на простую швейную машинку, но в головке ее размещен ультразвуковой генератор.

На безниточной машине можно сшивать (сваривать) не только синтетические материалы, но также натуральные ткани и трикотаж с синтетическими пленками, искусственной кожей. Машина работает очень быстро, так как не надо менять шпули и бобины, не рвутся нитки, не ломаются иглы.

Интересны также новые способы соединения деталей одежды при помощи клея вместо ниток.

Клеевые швы отличаются прочностью, эластичностью, стойкостью к свету, хорошо переносят химчистку. При этом используют клеи жидкие и пастообразные. Швы проклеивают специальными лентами или промазывают. Особенно удобно применять клеевые швы при изготовлении водозащитной одежды для рыбаков, шахтеров и др. Хороши такие швы и для верхней одежды — пальто, костюмов.

Клеи приготовляют из смесей на основе натурального и синтетического каучуков, полихлорвинила, полиамидного порошка и др.

Важную роль в швейном производстве играют различные *прессы, утюги, гладильные машины* и т. д. В современном гладильном оборудовании температура, время обработки, сила давления регулируются автоматически.

Для разутюживания изделий изнутри применяют очень интересное приспособление — *воздушно-паровой манекен.* Изделие надевают на стойку манекена, покрывают нейлоновым мешком и наполняют мешок паром под давлением. При этом изделие пропаривается и разглаживается. Чтобы его высушить и закрепить форму, манекен наполняют сухим горячим воздухом — тоже под давлением. Вся обработка длится около минуты.

В одежде постоянно происходят изменения: меняется ее стиль, она становится все более разнообразной. В СССР имеется более 30 Домов моделей. Художники-модельеры совместно с конструкторами работают над расширением ассортимента одежды. Ежегодно в производство внедряются сотни новых моделей.

Ботинки на конвейере

Первобытного человека обычно представляют в меховой шкуре и чаще всего босиком. Но как бы мог первобытный охотник преследовать зверя босиком, если бы на его пути встретились острые каменистые россыпи? Возможно, сначала он заматывал стопы травой, а позднее привязывал к ним кору. Наконец, люди начали использовать для защиты ног шкуры. Сначала, по-видимому, это были просто куски звериных шкур. Позднее куски шкур стали сшивать, придавая им форму ноги. Предполагают, что жители гор первыми додумались до сапога.

Конструкция обуви в древности менялась очень медленно. Проходили тысячелетия, пока на смену одной конструкции появлялась другая. Но уже в начале нашей эры этот процесс ускорился. В России в эпоху Ивана Грозного была одна форма обуви, при Петре I — другая. В наше же время конструкция обуви меняется очень быстро.

Сейчас швейные операции составляют не более четверти всех операций при изготовлении обуви, однако, по традиции, производство обуви до сих пор называют *пошивкой,* а основные цехи обувных фабрик — *пошивочными.*

Обувь, которую вы носите каждый день,— ботинки, полуботинки, туфли, тапочки, сандалии и т. п.— называют *бытовой.* Кроме того существует *специальная* обувь: производственная, спортивная и др. Разная обувь по-разному закрывает стопу и имеет самую различную форму.

Обувь собирают из большого количества деталей. Так, например, обычный ботинок состоит из кожаного *верха, подкладочных деталей* из ткани и *деталей низа.*

Обувь должна быть прочной, легкой, красивой, недорогой и, главное, удобной. Для этого длина обуви должна несколько превышать длину стопы,

В мастерской сапожников.
Со старинной гравюры.

Процесс изготовления обуви на современном предприятии делится на ряд операций, выполняемых на конвейере одним или несколькими рабочими.

иметь запас, или припуск. Ведь стопа легко выдерживает массу тела потому, что имеет пружинящую сводообразную форму. Когда мы ходим или стоим, стопа может удлиняться до 1,4 см и расширяться до 1,7 см. Поэтому, если обувь сделана без припуска, нога быстро устает.

По внутренним размерам и форме обувь бывает разных номеров и полноты. Существуют две системы нумерации обуви. Первая — старая, но еще применяемая во многих странах — состоит в том, что за номер обуви (по длине) принимается длина ее стельки, или, что то же, длина следа колодки, на которой изготовляется обувь. По второй системе за номер обуви принимается длина стопы. Системы нумерации обуви, кроме того, различаются применяемыми единицами длины. В одной из старых систем за единицу длины стельки принят штих, равный $^2/_3$ см, и поэтому система называется *штихмассовой*. Номер обуви определяется количеством штихов. Если, например, длина стельки равна 36 штихам (24 см), то обуви присваивается номер 36. Существуют другие системы: *метрическая,* принятая в СССР (за единицу длины при определении номера принимается 1 см), *дюймовая,* принятая в других странах (за единицу длины принимается $^1/_3$ английского дюйма, т. е. 8,466 мм).

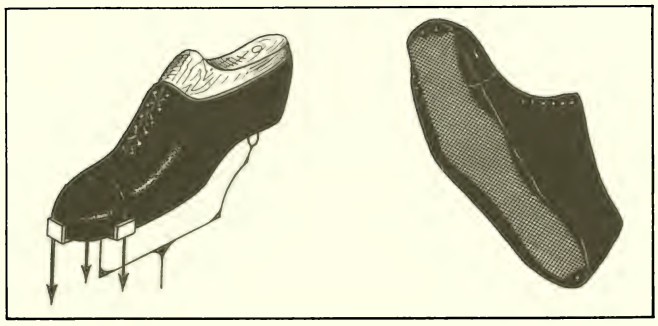
Полнота обуви — ее высота, обхват — обозначается условно номером, соответствующим размеру самой широкой части стопы. Номер полноты вместе с номером длины проставляется на подкладке обуви и на ее подошве около каблука.

Ткани и дерево, резина и картон наряду с кожей давно применяются в разных странах при производстве обуви. В последнее время в обувной промышленности широко используются синтетические искусственные материалы. Эти материалы улучшают качество обуви и делают ее гораздо дешевле.

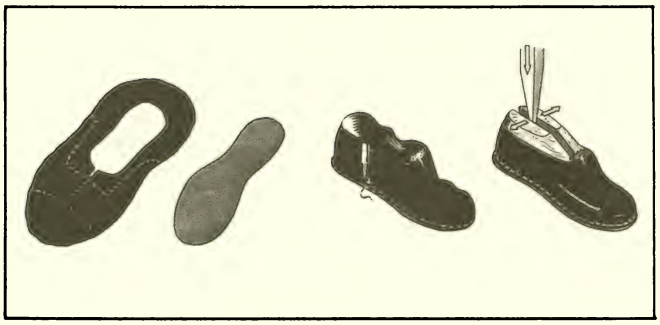
Вот женские туфли, сделанные из искусственных материалов. Их «биография» довольно длинная. Верх сделан из синтетического каучука. Это очень дешевое сырье. Однако не так-то просто было получить из него материал, пригодный для производства обуви. Дело в том, что синтетический каучук не пропускает воздуха и нога в сделанной из него обуви не могла бы «дышать» и отводить влагу. После долгих поисков выход был найден. В каучуковую смесь добавили измельченный хлористый калий, затем полученную массу нанесли тонким слоем на войлок. После термической обработки «кожу» промыли водой; хлористый калий растворился, и на «коже» появилось множество пор.

А подошва этих туфель легче пробки (плотность ее всего 0,1—0,2 г/см^3). Новая микропористая подошва, выпускаемая в настоящее время в СССР, эластична и прочна. В резиновую смесь, из которой делается подошва, вводится особое вещество. Во время вулканизации сырой резиновой смеси (т. е. обработки ее серой при высокой температуре) она вы-

Формирование заготовки. Заготовку надевают на колодку и вытягивают на обтяжной машине, чтобы придать ей объемную форму.



Беззатяжный способ формования обуви. Заготовка пришивается к стельке, а потом вытягивается и формуется с помощью раздвижной шарнирной колодки.



деляет газ; расширяясь, газ создает множество мельчайших пузырьков, образуя таким образом «воздушную резину». Нога при ходьбе на такой подошве не утомляется.

К материалу, из которого делается обувь, предъявляются очень высокие требования. Прежде всего недопустимо, чтобы он был жестким: ведь во время носки обувь постоянно изгибается и человек не должен расходовать на это много сил. Кроме того, необходимо, чтобы материал мог растягиваться. И наконец, он должен хорошо поглощать влагу, выделяемую стопой (а ее выделяется 0,5—1 г/ч), и отдавать ее во внешнюю среду, т. е. испарять.

Изготовление обуви делится на следующие основные операции: 1) раскрой материала, 2) подготовка деталей к сборке, 3) сборка заготовки (заготовкой называется верх обуви, сшитый из отдельных деталей), 4) формование заготовки, 5) прикрепление деталей низа к заготовке и 6) отделка готовой обуви.

Детали обуви выкраиваются на специальных *прессах* при помощи *резаков* (ножей). Стальные лезвия резаков делают в виде замкнутого по форме детали контура. Материал кладут на *опорную плиту* пресса, устанавливают на него нужный резак, затем опускают *ударную плиту*. Резаки при этом нужно располагать на куске кожи так, чтобы после раскроя оставалось как можно меньше обрезков.

Самые ответственные детали, например *союзки* (деталь верха обуви), выкраивают из центральной, более прочной и толстой части кожи, а второстепенные размещают по краям, как можно ближе одна к другой. Кроме того, каждая деталь должна быть расположена в том направлении, в котором больше тянется кожа (это, как вы увидите, очень важно при формовании заготовки).

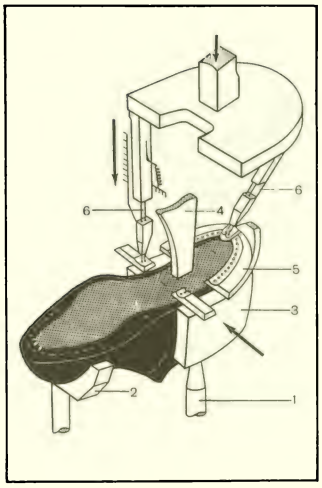
Затем все эти детали соединяют в заготовку и сшивают на *швейных машинах* различных конструкций. Процесс делится на ряд операций, каждую из которых выполняют один или несколько рабочих.

После этого плоскую заготовку надевают на колодку и вытягивают на *обтяжной машине*, чтобы придать ей объемную форму. Эта машина оборудована *клещами* с пружинами-амортизаторами и механизмом, регулирующим силу натяжения материала. Заготовку, предварительно надетую на колодку, захватывают сначала средние клещи и вытягивают ее в продольном направлении, после чего заготовку прикрепляют к стельке. Окончательно формуют заготовку и прикрепляют ее к стельке по всему контуру на *затяжной машине*. Новая техника и технология в обувном производстве предусматривает совмещение операций по обтяжке и затяжке обуви в одной машине, влажную тепловую обработку верха, применение термопластических материалов для задников, термореактивных сухих клеев.

Сейчас у нас применяется новый, *беззатяжной* способ формования обуви, при котором заготовка пришивается к стельке по периметру на швейной машине. Затем в заготовку вставляется особым образом устроенная *раздвижная колодка*. Половинки этой колодки раздвигаются на нужную величину и вытягивают заготовку. При таком способе заготовку делают короче, не оставляя припусков для затяжки. Новый способ позволяет нашим фабрикам сберечь много кожи и благодаря этому увеличить выпуск обуви на сотни тысяч пар.

Подошву прикрепляют к верху обуви на подошвоприкрепительных машинах. У тяжелой обуви (армейской, рыбацкой) ее крепят гвоздями, винтами, деревянными шпильками; у обычной — пришивают или приклеивают.

Пришивают подошву к ранту или к краю заготовки на *подошвопришивных машинах* с помощью дугообразной иглы и шила. Обувь в машине устанавливается так, чтобы рант помещался на столике, который служит также упором. Затем лапка прижимает подошвы к ранту, шило прокалывает их и перемещает на длину стежка. Через отверстие, проколотое шилом, проходит игла; на ее крючок накидывается нитка, которую игла протаскивает через материал и подает к челноку, образующему стежок. За час машина обрабатывает более 100 пар обуви.



Окончательно формуют заготовку и прикрепляют ее к стельке на затяжной машине. Схема полуавтомата для затяжки пятки. Обувь устанавливается пяткой на штифт упора *1*, носком на упор *2* и вдвигается в машину до соприкосновения пятки с обжимной формой *3*. Колодка автоматически прижимается к форме и к верхнему стелечному упору *4*. Он давит на колодку и опускает ее вниз до уровня затяжных пластин *5*, которые и формуют пятку. Затем молотки *6* забивают гвозди.

Около 800 пар обуви обрабатывает за смену *гвоздезабивная машина*. Она прикрепляет подошву к обуви по всему периметру следа или только по его части в 1, 2 или 3 ряда. Гвоздь проходит через подошву, кромку верха и стельку и, ударившись о кнопку упора, загибается на конце в виде крючка.

Для прикрепления подошвы клеем применяются *гидравлические* или *пневматические прессы*. Рабочая часть пресса (пресс-секция) состоит из металлической коробки и вмонтированной в нее подушки с резиновой камерой. Верх обуви, натянутый на колодку, с наложенной на него подошвой (на которую нанесена предварительно пленка клея) устанавливают на подушку и прижимают к ней рычагами. В подушку нагнетают сжатый воздух или воду, и она всей своей поверхностью с большим давлением прижимает подошву к следу обуви и склеивает их.

Резиновую подошву формуют из резиновой смеси на *прессах для горячей вулканизации*. Верх обуви надевают на металлическую колодку. В пресс-форму, помещенную под колодкой, закладывают сырую резиновую смесь. Колодка с надетой на нее заготовкой опускается на пресс-форму; резиновая смесь прижимается к следу колодки, расплющивается и заполняет всю пресс-форму. Пресс-форма нагревается до температуры, при которой происходит вулканизация резины. Одновременно пленка клея приклеивает подошву к верху обуви.

В конце процесса подошвы шлифуют, а торцы их фрезеруют. Затем на пресс-полуавтомате прикрепляют каблук. Подошву и каблук окрашивают и полируют. Верх обуви моют и отглаживают. Обувь готова.

На наших фабриках обувь изготовляют преимущественно непрерывным потоком. Полуфабрикаты передаются с одной операции на другую по непрерывно движущемуся конвейеру, на котором расположены люльки, где помещаются одна или несколько пар обуви. Конвейеры новых типов — многоярусные и многолинейные (в 2, 3 или 4 линии) — позволяют одновременно изготовлять поточным способом несколько видов обуви и совмещать операции на одном рабочем месте.

При изготовлении обуви применяют до 120 видов машин основного назначения и большое количество вспомогательных аппаратов и приспособлений.

В обувной промышленности начал применяться новый *литьевой* метод изготовления обуви. Заготовки верха обуви делают из искусственной и натуральной кожи, текстильных материалов. Материалом для изготовления подошвы служит поливинилхлоридная смола с небольшим количеством добавок.

Новый вид обуви изготовляют на *литьевых агрегатах*. Сверху на пресс-форму опускается металлическая колодка с надетой на нее заготовкой верха обуви. В пресс-форму, накрытую колодкой с заготовкой верха, впрыскивается нагретая жидкая смола. В течение нескольких секунд образуется подошва, которая сразу же сплавляется с заготовкой верха. Обувь готова.

Обувь, изготовленная литьевым методом, долго носится. Чтобы подошва была мягкой, пружинящей, ее делают пористой.

Литьевые агрегаты установлены на обувных фабриках «Скороход», «Буревестник», на фабрике № 1 в Киеве. Новому методу изготовления обуви предстоит большое будущее.

В конструировании обуви все больше используют современную технику. Новые ботинки становятся вполне удобными только после того, как их немножко поносят. Ноги сами для себя как бы лепят нужную форму обуви. Выходит, что принятая на фабриках колодка не вполне удобна. Но раньше никто не изучал этого вопроса всерьез, используя научные методы и технические средства. И вот в обычном ботинке установили десяток датчиков, реагирующих на всевозможные давления. Эти резиновые «улитки», сжимаясь и разжимаясь, стали сигнализировать о давлении на разных участках. Не одну пару ботинок сносили такие «чуткие» экспериментаторы. И выяснилось, что наибольшее усилие испытывает наша пятка, точнее ее центр. Здесь на каждый квадратный сантиметр действует сила 100—120 Н (10—12 кгс). Поэтому и позаботилась природа, положив под ноги человека плотный слой кожи. Резиновые «улитки» разместили и по бокам стопы и тоже выяснили места наибольшего давления. В результате удалось создать самую удобную форму обуви.

Хлебозавод

«Изо дня в день в мучной пыли, в грязи, натасканной нашими ногами со двора, в густой пахучей духоте мы рассучивали тесто и делали крендели, смачивая их нашим потом, и мы ненавидели нашу работу острой ненавистью, мы никогда не ели того, что выходило из-под наших рук, предпочитая кренделям черный хлеб» — так рассказывал М. Горький о дореволюционной пекарне.

Именно так, вручную, в маленьких душных помещениях, пекли хлеб во всех странах мира несколько десятков лет назад. Чтобы понять, как разительно отличается такая пекарня от современного механизированного хлебозавода, посмотрите внимательно на рисунок.

Железнодорожные вагоны и автоцистерны везут муку к хлебозаводу — зданию круглой формы, похожему на цирк. С помощью сжатого воздуха мука по мукопроводу подается на четвертый этаж, в силосный цех, где она хранится в больших металлических цилиндрах — *силосах*. Дно силосов сделано в виде воронки, чтобы мука не слеживалась и легко высыпалась.

Здесь, на четвертом этаже, в силосном цехе, начинается технологический процесс производства хлеба и идет сверху вниз, спускаясь до первого этажа, где уже готовый, свежевыпеченный хлеб сортируют и отправляют в магазины. Пройдем и мы с этажа на этаж и проследим, как изготовляют хлеб...

Из силосов мука поступает в *смеситель*, представляющий собой полый металлический цилиндр с вращающимся внутри валом, который напоминает винт мясорубки. Здесь, перемешивая муку разного качества, придают ей нужные свойства. Теперь муку надо тщательно просеять. Это делают *машины-просеиватели*. Огромные сита непрерывно вибрируют и, задерживая разный мусор, беспрепятственно пропускают сквозь свои крошечные отверстия муку. Случайно попавшие в муку кусочки железа притягиваются электромагнитом. Из просеивателя мука по *шнекам* (полым металлическим трубам, внутри которых вращаются винтообразные валы) направляется на третий этаж, в тестомесильный цех. Сюда же из дозировочного цеха, который размещен на четвертом этаже, подаются дрожжи, растворы соли и сахара.

Вдоль стен тестомесильного цеха тянется высокий деревянный короб в виде гигантского кольца. За ним, ближе к центру,— следующее кольцо, поменьше, потом — еще меньше, и, наконец, в центре цеха расположено самое маленькое, четвертое кольцо. Это *конвейеры*. Их столько же, сколько сигнальных лампочек,— 4. Каждая лампочка служит сигналом одного из конвейеров.

Внутри конвейера на равном расстоянии друг от друга размещены круглые металлические чаны — *дежи́*. Они укреплены на рельсах, а сами рельсы лежат на круглых стальных роликах, как на колесах. Обычно колеса движутся по рельсам; здесь же, наоборот, рельсы с укрепленными на них дежами скользят по колесам-роликам.

Над каждым кольцом конвейера виднеется труба, идущая сверху, от *автовесов*. Под трубу ставится пустая дежа. Как только автовесы дали сигнал, работница открывает заслоны и в дежу из трубы сыплется порция муки. Потом работница нажимает кнопку — и наверху, в дозировочном цехе, начинает звонить звонок и зажигается лампочка с соответствующей цифрой на белом абажуре. Лампочка сигнализирует рабочим дозировочного цеха, что такому-то конвейеру нужны дрожжи, растворенные соль и сахар.

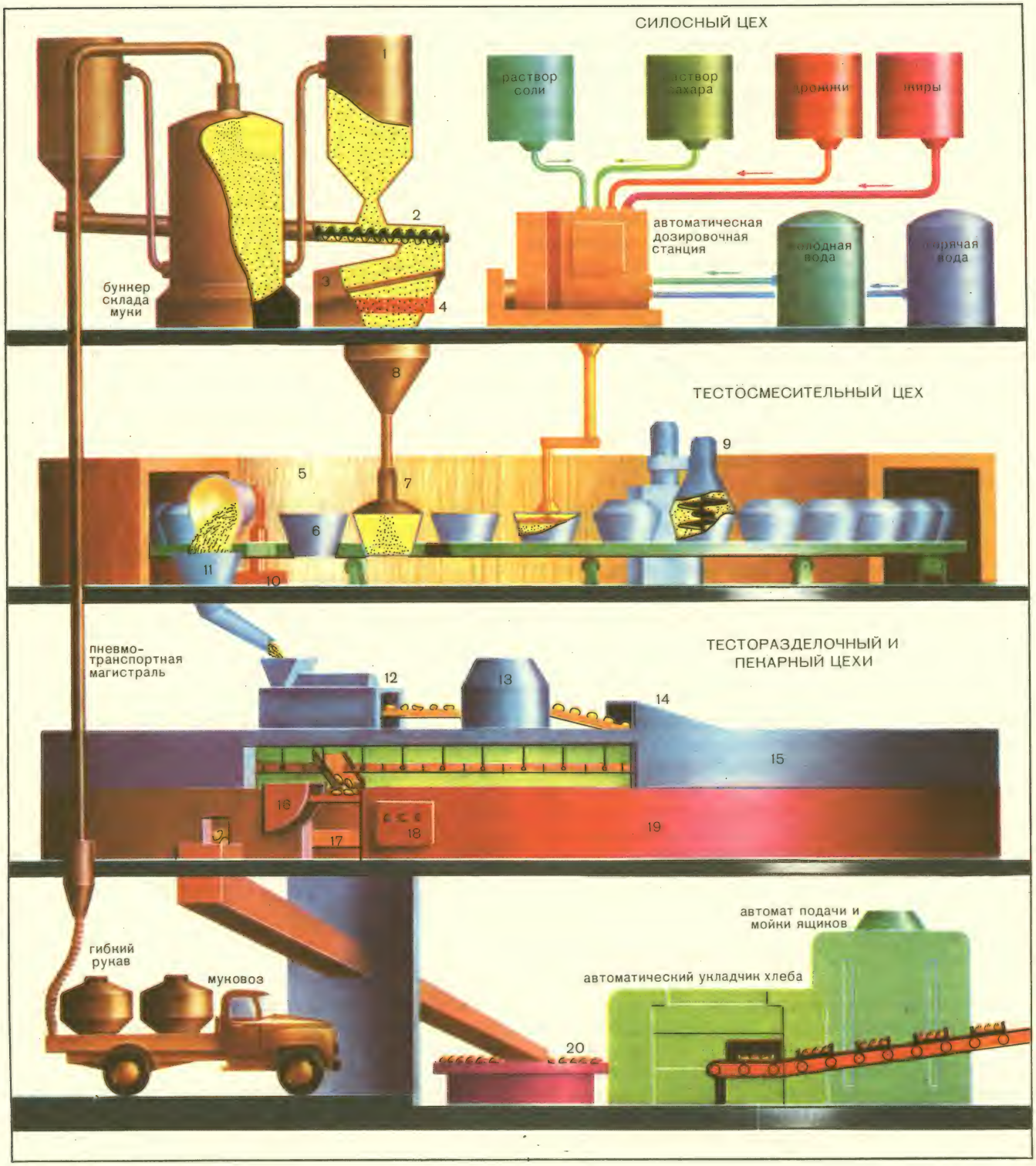
Когда все это загружено в дежу, конвейер начинает двигаться. Дежа с мукой и дрожжами, проехав несколько метров по кругу, останавливается около *тестомесильной машины*, которая тут же с помощью специальных лопаток начинает перемешивать тесто. Затем лопатки приподнимаются, и дежа отправляется дальше, нырнув, будто в тоннель, в деревянный короб конвейера. А на ее место подходит следующая.

Полтора часа дежа двигается в тоннеле до конца конвейера. За это время тесто в ней «подходит». В конце подъемная машина легко приподнимает тяжелую, массой около 1 т, дежу и опрокидывает ее над ямой *тестоспуска* — так называется ход, по которому тесто спускается этажом ниже, прямо в воронку *разделочной машины*. Вал и барабан ее, вращаясь, захватывают тесто и увлекают внутрь. У барабана четыре кармана. По мере его вращения тесто наполняет сначала один, потом другой, третий, четвертый. А в каждом кармане есть поршень. Попадая в карман, тесто сперва заставляет поршень потесниться. Потом, когда карман набит до отказа, а барабан повернулся, поршень начинает давить на тесто и выталкивает его прямо на *транспортер* — движущуюся ленту. В результате на транспортер один за другим падают совершенно одинаковые куски теста.

Размер карманов можно изменить. Для этого механику стоит лишь повернуть специальный штурвал. Поршни будут освобождать тесту больше или меньше места. От этого и куски теста станут больше или меньше.

Но пока это еще бесформенные куски. Их надо сначала округлить в *округлительной машине*, а потом в *закаточной машине* превратить в ровные, аккуратные батоны.

Схема работы хлебозавода-автомата: *1* — цилиндры для хранения муки — силосы; *2* — смеситель; *3* — просеиватель; *4* — электромагнит для очистки муки; *5* — конвейер; *6* — дежи для опары; *7* — труба для подачи муки; *8* — автовесы; *9* — тестомесильная машина; *10* — подъемная машина; *11* — тестоспуск; *12* — разделочная машина; *13* — округлительная машина; *14* — закаточная машина для формования батонов; *15* — люльки для брожения теста; *16* — посадочная машина; *17* — движущаяся лента; *18* — тестоделитель; *19* — печь; *20* — сортировочный стол.



Закаточная машина первой парой валиков, как скалками, расплющивает круглый комок теста, превращает его в блин. Вторая пара валиков придает тесту нужную толщину, а третья — свертывает его в рулон. После этого начинается самая главная операция. Рулон теста попадает в щель между *закатывающим барабаном* и *формующим кожухом*. Барабан вращается и катит тесто по кожуху. Так же поступают хозяйки, когда, раскатывая тесто по столу, превращают круглый кусок в колбаску. Только в машине вместо ладоней — закатывающий барабан, а вместо стола — формующий кожух.

Затем батоны проводят некоторое время в тепле, в *люльках конвейера*, расположенного рядом с печью. Здесь тесто поднимается, становится рыхлым, пористым. И только тогда оно попадает в *печь*.

Печей на заводе столько же, сколько конвейеров в тестомесильном цехе. Печи тоже кольцевые.

Все на хлебозаводе делают машины, даже батоны в печь сажают. Медленно, ряд за рядом движутся над печью люльки с тестом. Подойдя к определенному месту, каждый ряд люлек опрокидывается, и тесто вываливается из них на металлическую полосу *посадочной машины*. Полоса то поднимается, то опускается. И каждый раз она оказывается наверху именно в тот момент, когда опрокидываются люльки. Подхватив падающие куски теста, полоса быстро опускается вниз. Мгновение — и тесто очутилось на движущейся ленте, которая увлекает его в дышащую жаром печь.

Перед выпечкой специальный механизм наносит на тестовые заготовки батонов по нескольку косых надрезов. Без надрезов тесто, которое и в печи продолжает подниматься, полопается, батоны получатся «рваные», некрасивые. А надрезанное тесто не лопается, оно просто слегка разойдется по надрезам, и на их месте появятся потом хрустящие гребешки.

Каждый сорт хлеба готовится по определенной рецептуре. Обычный хлеб выпекают из муки, воды, дрожжей и соли. В особые сорта хлеба добавляют еще и сахар, жир, сухое молоко, изюм и др.

Существуют два способа приготовления дрожжевого теста — *опарный* и *безопарный*. При безопарном способе тесто замешивают, добавляя сразу все необходимые компоненты. При опарном способе сначала замешивают опару из половины муки и всей массы воды и дрожжей. На готовой опаре замешивают тесто, добавляя остальную муку, соль и другие продукты.

Сейчас на большинстве хлебопекарных предприятий вместо опары применяют жидкий полуфабрикат — наполовину готовое тесто, которое заменяет опару. Жидкий полуфабрикат значительно сокращает процесс приготовления теста.

На многих хлебозаводах тесто готовят не в дежах, а в длинных корытах, прикрытых прозрачным колпаком. Вдоль корыта проходит вал с лопастями. Вал вращается и, как винт мясорубки, продвигает тесто. По мере того как тесто проходит из одного конца корыта в другой, оно успевает выбродить.

Выпеченный хлеб подается транспортером на первый этаж, на вращающийся *сортировочный стол*.

Стоящие за сортировочным столом работницы зорко следят, чтобы в магазины отправлялись батоны только высокого качества и правильной формы. Выдержавший «экзамен» хлеб грузят в автофургоны и отправляют в магазины. 240 т свежеиспеченного хлеба дает за одни сутки современный хлебозавод.

Как делают молочные продукты

Природа создает необычайно ценный готовый продукт питания — *молоко*. В его состав входят и жиры, и белки, и углеводы, и минеральные соли. В нем содержатся почти все необходимые человеку витамины. Но у молока есть существенный недостаток: оно очень быстро портится. Это объясняется тем, что микроорганизмы, попадая в молоко, хорошо в нем развиваются. Чтобы уничтожить их, молоко подвергают специальной обработке.

Дома молоко кипятят. Однако при этом не только погибают вредные и болезнетворные микробы, но и изменяются составные части молока. На молочных комбинатах поступают иначе: молоко нагревают до 70—90° С и очень короткое время, исчисляемое секундами, выдерживают при этой температуре. В результате такой обработки микроорганизмы погибают, а ценные составные части молока сохраняются. Этот способ был предложен великим французским ученым Луи Пастером и назван в его честь *пастеризацией*.

Для пастеризации молока применяют специальные аппараты — *пастеризаторы*. Одни из них представляют собой набор обогреваемых горячей водой трубок, по которым протекает молоко, другие —

комплект пластин из нержавеющей стали с каналами для молока и горячей воды. После нагревания молоко охлаждают. Для этого в пластинчатом пастеризаторе есть специальные секции.

На молочном комбинате молоко проходит по полностью закрытой системе. Из автоцистерны его перекачивают сначала по шлангу, а затем по трубам — *молокопроводам* — в закрытые резервуары, где хранят до переработки в охлажденном состоянии.

Лишь в цехе, где молоко разливают в стеклянные бутылки, можно наконец его увидеть. На круглый, непрерывно вращающийся автомат по транспортеру поступают чистые молочные бутылки. Каждая оказывается под разливочной головкой, откуда в бутылку льется молоко. Наполненные бутылки перемещаются к *укупорочной* машине. Здесь, также автоматически, надеваются алюминиевые колпачки, которые плотно закупоривают бутылки.

Вместо громоздкой, хрупкой и дорогой стеклянной тары для молока теперь все шире применяются пакеты из бумаги, но не обычной, а покрытой изнутри тончайшей прозрачной полиэтиленовой пленкой. Процесс автоматизирован. Машина сама делает из бумажного рулона трубу, склеивает из нее пакеты, наливает определенную порцию молока и укладывает готовые пакеты в металлические или пластмассовые корзины, в которых молоко отправляют в магазины.

У пастеризованного молока есть и другой путь — в цехи, где изготовляют кефир, сметану, творог, сыр и т. д. При производстве этих продуктов используют микроорганизмы, вызывающие молочнокислое брожение.

Вот, например, как готовят *кефир*. Кефирные грибки или кефирную закваску, полученные в специальных лабораториях, вносят в ванны с пастеризованным молоком. Молоко с закваской тщательно перемешивают и разливают в бутылки, которые по транспортеру передаются в *термостат* — большую камеру, где при определенной температуре (18—20° С) кефирные грибки или кефирная закваска превращают молоко в кефир. Сейчас все чаще закваску вносят сразу в «танк» с молоком — большую цистерну; в бутылки же разливают готовый кефир.

С помощью молочнокислых микроорганизмов получают и *сметану* (ее делают из сливок), а также *творог*. Но творог не только готовый продукт, он вместе с тем и сырье. Из него вырабатывают творожные сырки и сырковую массу.

Наиболее сложную работу выполняют микроорганизмы при выработке *сыра*. Прежде чем молоко станет желтой головкой или бруском и поступит в магазин, оно проходит длительный путь превращений. В молоко вносят специальные закваски, биологически активные вещества — ферменты и получают сгусток, который дробят, перемешивают, отжимают. Затем придают ему форму будущего сыра, прессуют, солят и покрывают тонким слоем парафина. После этого сыр выдерживают в специальных подвалах, где он созревает. За это время в нем происходят сложные микробиологические и биохимические процессы. Одни виды сыра созревают за несколько недель, другие — полгода и более.

Искусство сыродела заключается в умении управлять всеми этими невидимыми процессами. Различные способы обработки сыра состоят в том, чтобы создать условия для деятельности тех или иных микроорганизмов и в результате получить нужный сорт сыра.

Натуральный сыр — один из самых древних продуктов питания, но у него есть и совсем юный брат— *плавленый сыр*. Он представляет своего рода консервы: плавленый сыр стоек при хранении и особенно хорош для районов с жарким климатом.

Делают его из натуральных сыров. Очищенный и вымытый сыр подают на *дробильные* машины для размельчения. Далее эта масса поступает в *котлы*, где она плавится, чему способствуют специальные вещества, так называемые соли-плавители. Расплавленная масса подается на *расфасовочно-упаковочный* автомат, который из рулона фольги делает нечто вроде коробочки, вливает туда расплавленную сырную массу, накрывает ее крышкой из фольги. Затем автомат загибает края коробочки и наклеивает этикетку.

Есть еще одна группа продуктов, изготовленных из молока,— это *молочные консервы*. В процессе их приготовления создают такие условия, при которых микроорганизмы не могут существовать: молоко *сгущают*, т. е. уменьшают содержание в нем влаги, добавляя сахар или без сахара; *стерилизуют*, нагревая до очень высокой температуры, либо *высушивают*.

Молочные консервы могли появиться только в век современной техники. Сгущают молоко в огромных *вакуум-аппаратах*, высотой с двухэтажный дом. Здесь молоко нагревается от труб с паром и благодаря давлению ниже атмосферного (вакууму) кипит при сравнительно невысокой температуре (50—60° С). Поэтому составные части его полностью сохраняют свою ценность и первоначальные свойства.

Чтобы получить сгущенное стерилизованное молоко, его после сгущения в вакуум-аппаратах сразу же охлаждают и расфасовывают в герметических условиях в металлические банки, а затем стерилизуют при температуре 115—118° С.

Слева: вращающийся карусельный автомат разливает молоко в бутылки и закупоривает их алюминиевыми колпачками.

Готовые пакеты с молоком машина укладывает в коробку.

Слева: из этой бумажной ленты будут сделаны пакеты для молока.

Этот автомат — последний в поточной линии машин, изготовляющих мягкие сырки. Он расфасовывает сырки в пластмассовые коробочки.

При выработке *сгущенного молока* с сахаром в молоко добавляют сахар, смесь сгущают, охлаждают при постоянном перемешивании в *вакуум-кристаллизаторах*. Затем сгущенное молоко с сахаром на специальных автоматах разливают в жестяные банки и закатывают на закаточных машинах.

Чтобы получить *сухое молоко,* сгущенную массу из вакуум-аппарата подают в *сушильную установку* в виде башни высотой 8 м и диаметром около 5 м. Сгущенное молоко поступает в нее сверху и попадает на диск, вращающийся с огромной частотой — до 7000—7500 об/мин. Этот диск распыляет молоко на мельчайшие частицы. Опускаясь, они встречают поток очищенного воздуха, нагретого до температуры 150—160° С, и превращаются в сухой порошок, который оседает на дно сушильной башни. Отсюда порошок скребками подается в расфасовочный бункер.

Если растворить сухое молоко в воде, то получится продукт, мало отличающийся от натурального молока. Ведь высушивание в башне чрезвычайно быстрый процесс: частички молока высыхают в десятые доли секунды. Несмотря на то что температура воздуха, поступающего в башню, достигает 150—160° С, частицы молока на поверхности нагреваются лишь до 70—80° С. Именно поэтому почти полностью сохраняется питательная ценность молока.

Один из важных продуктов питания — *сливочное масло.* Раньше его делали так. Получали сливки, помещая молоко в прохладное место, где оно отстаивалось. Жир поднимался наверх, образуя слой сливок. Их снимали и ставили «созревать» на несколько часов. Потом выливали в деревянную бочку — *маслоизготовитель.* Его вращали, при этом образовывались масляные зерна, которые отжимали специ-

альными валками в маслоизготовителе. Процесс длился несколько суток. Теперь же для изготовления масла требуется всего несколько минут. Представьте себе большой барабан, вращающийся с частотой 6000—9000 об/мин. В него непрерывно поступает молоко, которое под действием центробежной силы разделяется на обезжиренное молоко и сливки. Это *сепаратор.*

В нашей стране создан специальный сепаратор, на котором сразу получают сливки с тем же содержанием жира, что и в масле,— 80—83%. Из сепаратора сливки по трубопроводу попадают в охладитель — *маслообразователь.* В этом аппарате высокожирные сливки превращаются в масло в специальных цилиндрах, вставленных один в другой. Высокожирные сливки протекают между ними тонкой струей, при этом непрерывно перемешиваются ребрами, прикрепленными к внутреннему (вращающемуся) цилиндру. Из маслообразователя выходит уже готовый продукт.

Из подобных машин созданы поточные линии для производства масла: одни из них вырабатывают за 1 ч 300 кг, другие — до 800 кг сливочного масла.

В последние годы учеными совместно с инженерами разработаны новые линии для изготовления масла: в них сливки из сепаратора поступают в специальную камеру с сильно разреженным воздухом, где и загустевают.

Мясокомбинат

Мясокомбинат — это современный завод, на котором работает множество непрерывно-поточных линий. Они делают различные продукты, и среди них пельмени, сосиски и полуфабрикаты, расфасованные и упакованные в аккуратные пакетики: мясное рагу, шашлыки, бефстроганов...

Сейчас в нашей стране работают сотни мясокомбинатов, и каждый из них объединяет несколько предприятий: цех первичной переработки туш, цех пищевых жиров, цех кормовых и технических продуктов, цех медицинских препаратов, а также консервный и колбасный заводы, тепловую и электрическую станции, холодильники. И все они оснащены самыми совершенными машинами. Но мы расскажем вам только о тех цехах, в которых изготовляют мясные полуфабрикаты и колбасы.

Здесь все механизировано и электрифицировано. Мясные туши по подвесной дороге отправляются в колбасный цех, где делают не только колбасы, но и сосиски, сардельки, пельмени, котлеты и пирожки с мясом. Пройдемте вместе по цехам и отделам мясокомбината и посмотрим, как приготовляют эти изделия, познакомимся с наиболее интересными машинами. Вот *волчок.* Это машина, внутри которой вращается червячный винт — такой же, как в обыкновенной мясорубке. По сути дела это и есть настоящая мясорубка, но очень большая и мощная: в нее вмещается сразу до 100 кг мяса.

Специальные ковши загружают воронку волчка. Включается электродвигатель, и из сотен крошечных окошек машины, словно вермишель, выползает перемолотое мясо. После этого к нему добавляют хлеб, лук, соль, перец и отправляют в фаршемесительную машину.

Фарш готов. Теперь можно делать котлеты, сосиски, сардельки и колбасы...

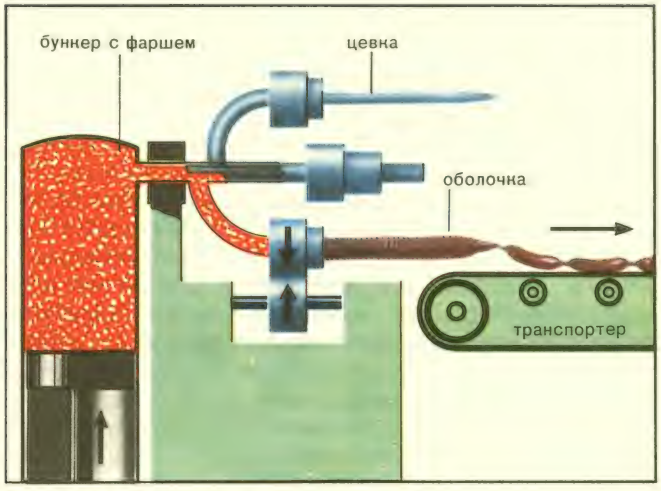
Автомат, на котором делают котлеты, заменяет сотни и даже тысячи людей. Самая главная часть *котлетного автомата* — вращающийся барабан с поршнем внутри. На поверхности барабана сделано много овальных гнезд, напоминающих своей формой котлеты. Во время работы гнезда, которые в этот миг находятся наверху, начиняются фаршем. Все происходит очень быстро. Фарш из бункера попадает на верх барабана и застревает в его гнездах. Но вот барабан совершил пол-оборота, и начиненные фаршем гнезда очутились внизу, как раз над лентой транспортера. Тут начинает действовать поршень, который выдавливает фарш из его убежища. Автоматическое сито посыпает котлетные заготовки сухарной крошкой, и они попадают на транспортер. Это уже самые настоящие котлеты, ровные, аккуратные.

За каждый полный оборот барабан формирует 100 котлет. А за смену он успевает изготовить их миллион.

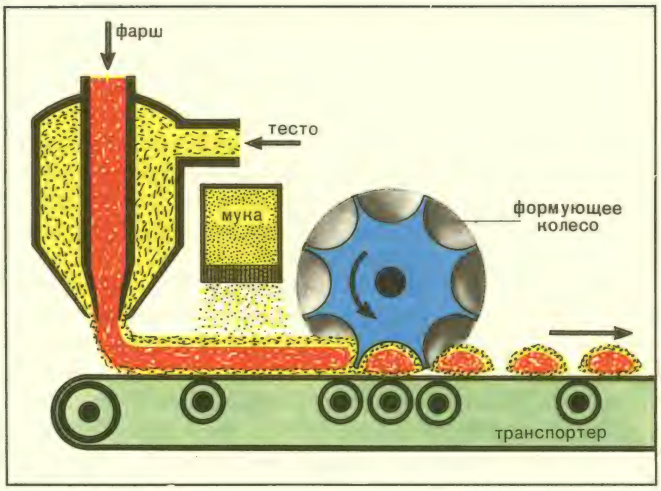
Сейчас уже созданы поточно-механизированные линии приготовления котлет. Волчки подготавливают для этой линии мясной фарш, особая машина размельчает и замачивает для фарша белый хлеб. А потом принимаются за дело котлетные автоматы.

Есть на мясокомбинате и еще очень интересная машина-«миллионер» — *пельменоделательная.*

Сосисочный агрегат. Фарш под давлением по боковому отводу подается в очередную вращающуюся насадку, на которую надета оболочка будущей сосиски. Фарш впрыскивается в оболочку. Начиненная фаршем оболочка через определенные промежутки захватывается зажимами и перекручивается.



Пельменоделательная машина. Из начиночного аппарата выходят тестовые трубки, начиненные фаршем. Формующее колесо нажимает на трубку и штампует пельмени. *Внизу:* схема работы котлетоделательного автомата.



С давних пор в нашей стране любят сибирские пельмени. Но чтобы приготовить их, нужно много потрудиться. Раньше, до появления специальной машины, работница мясокомбината вручную могла приготовить за смену самое большее тысячу пельменей, а теперь на пельменоделательной машине — в сотни раз больше.

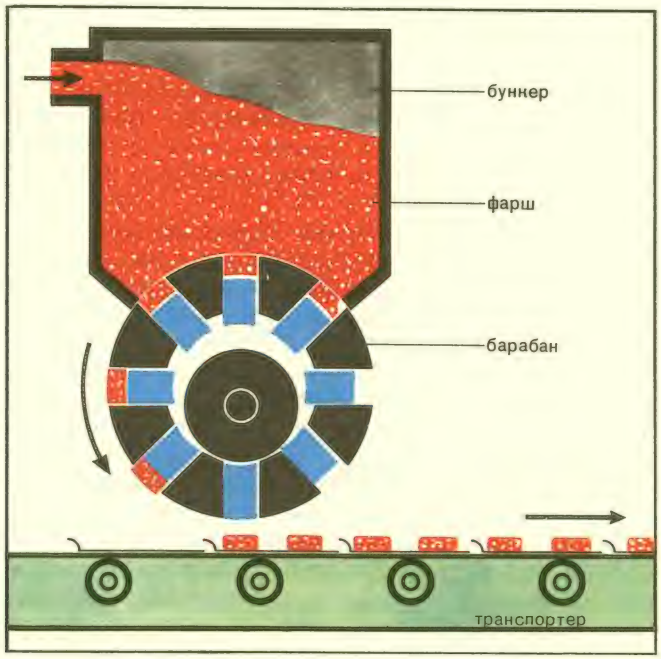
Как же работает пельменоделательная машина?

У нее есть бункер, разделенный на две части перегородкой. Из бункера тесто и фарш, каждый по своей трубке, отправляются к баллону специального *начиночного аппарата*. Трубка, по которой идет тесто, заканчивается при самом входе в баллон, а трубка для фарша проходит через весь баллон насквозь и заканчивается возле овальной щели.

Попав в баллон, тесто обтекает со всех сторон металлическую трубку, по которой идет фарш. Так рождается тестовая трубка. Пока что эта трубка пуста, но, когда она, словно чулок, снимается с фаршевой трубки и проходит через узкое овальное отверстие, в нее из фаршевой трубки впрыскивается фарш.

В результате из начиночного аппарата выползает длинная тестовая трубочка, начиненная фаршем. Но в машине таких аппаратов не один, поэтому выходит сразу много трубочек. Каждая из них попадает на транспортер. Здесь пельменные заготовки посыпаются мукой, которую металлические гладилки ровно распределяют по всей их поверхности.

Теперь надо белые трубки превратить в аккуратные пельмени. Это делают специальные штампы, расположенные в 2 ряда на ободах колес машины. Каждый из них по своей форме точная копия будущего пельменя. Пельменные трубки для таких колес — это как бы рельсы. Но здесь колеса вращаются на месте, а тестовые рельсы движутся. Стоит только колесу наступить очередной парой своих формочек на движущуюся трубку, как из нее тут же выдавятся пельмени-близнецы.



Но надо ведь еще заклеить пельмени, чтобы из них не вывалилась начинка. Оказывается, это уже выполнено. Сами формочки своими тупыми краями одновременно отштамповали и заклеили тесто.

Чуть ли не миллион пельменей выходит каждые 7 ч из пельменной машины, а ведь таких машин на заводе много! Пельмени тут же отправляются в хо-

лодильную камеру, а после того как заморозятся, идут на упаковку.

Упаковочная машина точна: в каждую коробку она укладывает строго определенное количество пельменей.

А теперь зайдем в цех, где делают сосиски, сардельки и колбасу. Здесь ваше внимание привлечет аппарат, который служит для того, чтобы набивать фарш в различные оболочки. Этот аппарат называется *сосисочным шприцем*.

Перед тем как приступить к работе, откручивают винт, снимают крышку цилиндра, которая зажимается этим винтом, и наполняют цилиндр порцией сосисочного или колбасного фарша. Мясо попадает прямо на головку поршня. Когда шприц работает, поршень медленно ползет по бункеру снизу вверх и изо всех сил давит на фарш. Фаршу становится тесно, он ищет выход, но крышка завинчена крепко. Остается лишь отверстие в стенке, куда он и устремляется. Отверстие ведет в тоненькую трубку — *цевку*.

Цевка служит как бы иголкой, какая есть у обычного медицинского шприца. Она делает «укол» фаршем в натянутую на нее длинную тонкую оболочку. Оболочка наполняется и превращается в самую настоящую сосиску.

Чтобы получить отдельные небольшие сосиски, машина все время поворачивает цевку. Оболочка перекручивается, отделяя одну сосиску от другой. И выходит длинная гирлянда сосисок. Ее отправляют на обработку в особый агрегат, похожий на шкаф. В первом его отделении невыносимая жара, и сосиски там подсушиваются. Во втором отделении клубится дым. Здесь сосиски слегка обжариваются. В третьем — горячий пар, здесь сосиски варятся. В последнем отделении они охлаждаются водяными струями.

Висят на рамах-вагонетках гирлянды свежих сосисок, готовых отправиться в магазин. Одни из них изготовлены на шприце, другие — на сосисочном агрегате, который состоит из двух спаренных автоматических шприцев и автомата тепловой обработки сосисок. Этот агрегат-автомат дает до 700 кг сосисок в 1 ч. Почти так же изготовляют и различные колбасы. Только подготовка фарша другая, да шприцы применяются с более широкой цевкой, и последующая обработка несколько иная.

Есть на мясокомбинате и автомат, который приготовляет пирожки с мясом. Он состоит из двух частей: из начиночного аппарата, похожего на тот, что есть в пельменном автомате, и электрической печи. Печь представляет собой длинный короб, облицованный белым кафелем.

Выйдя из аппарата, пирожки-батончики тут же попадают на транспортер и въезжают на нем в печь. Пока пирожки проедут из одного конца печи в другой, они успевают хорошо обжариться, стать румяными.

Для миллиона людей готовит пищу мясокомбинат — завод обедов, завтраков и ужинов.

Сахарный завод

История сахара началась давно-давно.

Долго его делали только из сахарного тростника, родина которого Индия, Китай, острова Океании. Само слово «сахар» происходит от санскритского «саркара», в персидском варианте — «шакар». В древности из тростника умели получать лишь сладкий сироп. «В Индии есть тростник, который без пчел дает мед»,— писал две с половиной тысячи лет назад один из полководцев Александра Македонского. Но уже тысячу лет назад распространилась молва, что в Индии есть «каменный мед». Это дает основание предполагать, что к тому времени индийцы научились делать твердый сахар.

От индийцев сахарный тростник перекочевал к персам, а потом к арабам. Затем его стали возделывать на юге Европы, на Канарских островах близ северо-западных берегов Африки. Отсюда-то Колумб и завез его на Антильские острова, тропический климат которых оказался вполне подходящим для тростника. Уже в XVIII в. эти острова, особенно Куба и Пуэрто-Рико, стали центром производства сахара.

В нашей стране употребляли мед, сладкий сок клена, березы, липы, варили солод, пастилу. А сахар был диковинкой, и притом очень дорогой.

В конце XVIII в. в России начались поиски заменителей сахарного тростника. Тогда уже было известно, что для этого можно использовать свеклу. Но многие возражали против свеклы, так как в ней содержалось мало сахара — раза в три меньше, чем в тростнике. И все же свекла победила — в 1802 г. в России и в Германии были построены первые в мире

свеклосахарные заводы. Тогда лучшие сорта свеклы содержали не более 6% сахара, но уже к 1842 г. селекционеры удвоили ее сахаристость. В наше время свекла содержит до 20% сахара и больше. Почти половина потребляемого во всем мире сахара производится сейчас из свеклы.

Современный *свеклосахарный завод* — мощное механизированное предприятие. Сахарная свекла прибывает сюда по железной дороге и на грузовиках и сразу же попадает в царство машин. Мощные механические «руки» сгребают ее с железнодорожных платформ или высыпают из грузовиков в искусственную реку с бетонными берегами. Она несет свеклу к большому зданию главного корпуса сахарного завода.

Сначала свекла попадает в специальное корыто с водой — *свекломойку*. В ней вращается вал с насаженными на него *кулаками*, которые переворачивают и моют клубни. Потом свеклу взвешивают автоматические весы, а *свеклорезка* превращает ее в стружку, которая по *транспортеру* направляется к рядам больших круглых баков. Здесь ее заливают горячей водой, и из стружки, как из ломтика лимона в чае, выходит сок.

Стружка была белая, а сок из нее получился черный. Некоторые органические вещества, входящие в состав свеклы, окисляются и темнеют, как темнеет разрезанный сырой картофель. Если эти вещества не удалить, то сахар будет темный. Поэтому сок очищают. Сначала в массивных, наглухо закрытых металлических баках его обрабатывают известью, углекислым и сернистым газами. Вредные примеси благодаря этому выпадают в осадок, который отделяется в специальных отстойниках и на различных *фильтрах*.

Особенно интересны созданные советскими инженерами *вакуум-фильтры*. Это обтянутые фильтрующей тканью сетчатые барабаны. Нижняя часть их погружена в сахарный сок. Внутри барабана создано разрежение — вакуум. Поэтому сок всасывается в него, оставляя на поверхности ткани слой осадка. Барабан поворачивается и выносит осадок наверх. Здесь всасывается уже не сок, а воздух. Высушенный воздухом слой осадка счищается установленным у корыта ножом, и барабан снова погружается в сок.

Все эти операции повторяются иногда по нескольку раз, пока черный сок не превратится в бесцветный. После этого насосы гонят его по трубам к высоким белым бакам. Внутри баков, в нижней части, укреплены нагревательные батареи из труб, по которым пропускается пар. Сок кипит и постепенно сгущается. Его поочередно пропускают сквозь целый ряд аппаратов (или, как их называют, *корпусов выпарки*), пока сок не превратится в густой сироп.

Сироп снова обрабатывают сернистым газом, фильтруют и направляют к другой шеренге аппаратов, похожих на выпарные. В этих *вакуум-аппаратах* рождается сахар — маленькие кристаллики, тысячи которых умещаются в чайной ложке.

Начинается этот процесс с того, что сироп в вакуум-аппаратах снова выпаривается и становится еще гуще. Потом в него вводят тончайшую сахарную пудру или специальный сахарный препарат, содержащий в 1 г 15 млн. кристалликов. Сахар из густого сиропа оседает и застывает на этих кристалликах.

Когда кристаллики подрастут (их уже насчитывается на 1 г лишь 3 тыс.), через нижнее отверстие вакуум-аппарата выпускают густую массу — *утфель*. Это смесь кристаллов и остатков раствора — *межкристальной патоки*. Для их разделения служат *центрифуги* — вращающиеся барабаны с боковой поверхностью в виде частого сита. Барабаны вращаются с частотой 10 000 об/мин, и под действием центробежной силы патока проходит сквозь сито, а кристаллы остаются.

Но эти кристаллы желтые, так как они покрыты слоем патоки. Чтобы окончательно очистить кристаллы, их отбеливают струей воды.

Теперь надо просушить сахарный песок. *Сушилка* — это широкая горизонтальная трубка с ребрами-полками внутри. При ее вращении ребра пересыпают сахарный песок, а постоянно продуваемый воздух сушит его. Затем сахар автоматически взвешивается и упаковывается в мешки. А патока снова варится в вакуум-аппаратах, и из нее извлекают оставшийся сахар.

Однако не весь сахар, который продается в наших магазинах, сделан из свеклы. В последние годы на советских заводах производят сахар и из тростника. Но наши предприятия осуществляют не весь процесс производства этого сахара. Дело в том, что наша страна покупает на Кубе полуфабрикат — *сахар-сырец*.

Сначала этот бурый, тусклый сахарный песок растворяется и очищается от патоки. А дальше он идет уже знакомым нам путем, тем же, что и свекловичный сок.

А теперь посмотрим, как из сахарного песка делают рафинад.

На советских сахарных заводах рафинад изготовляется в основном методом прессования. Кристаллы сахара, отбеленные на центрифуге, спрессовываются специальной машиной в бруски, затем их высушивают в особых печах и с помощью другой машины

Мощная струя воды доставляет свеклу к зданию завода.

Из сокоочистительного цеха сок поступает в эти высокие белые баки — корпуса выпарки. Переходя из бака в бак, сок кипит и сгущается.

Внизу: в этих вакуум-аппаратах рождается сахар.

разделывают на кусочки. Все эти машины и печи — автоматы. Они связаны между собой непрерывными лентами транспортеров. Рука человека не прикасается ни к песку, ни к брускам, ни к кусочкам, пока с последнего транспортера не сходят хорошо знакомые нам коробки с сахаром-рафинадом.

Колхозы и совхозы поставляют свеклу сахарным заводам осенью. Хватить же ее должно на 3—4, а то и на 5 месяцев — столько длится сезон переработки свеклы на сахарных заводах. Поэтому одна из самых важных проблем сахарной промышленности — *хранение свеклы*. Дело в том, что свекла живет и после уборки урожая. В ней продолжаются, правда замедленные, процессы жизнедеятельности. Если на корню она получала пищу из почвы, то теперь расходуются вещества самого корня и содержание сахара в нем падает. Если срок переработки удлиняется, то это приводит к потерям готовой продукции сахара. Ученые вскрыли закономерности жизни свекловичного корня после уборки и разработали методы хранения свеклы. Они уточнили, каковы должны быть размеры и форма *кагатов* (своеобразных складов свеклы на воздухе), чтобы поддерживалась определенная температура, и каков наивыгоднейший срок хранения свеклы.

Ученые стремятся также сократить потери при производстве сахара и получить как можно больше сахара из свеклы. При наших масштабах производства уменьшить потери лишь на 1% — значит дать народу дополнительно сотни тысяч тонн сахара.

Кондитерская фабрика

Знаете ли вы, что такое конфета и что такое карамель? Представьте себе, что между ними есть разница. Карамель приготовляют *уваривaнием* сахарного сиропа, а конфеты — *сбиванием* сиропа с добавлением орехов, варенья, масла, сгущенного молока и др. Словом, с точки зрения кондитерского производства конфеты и карамель — вещи совершенно разные.

При ручном труде удовлетворить массовый спрос на конфеты было бы совершенно невозможно. С этим справляется только современное, высокомеханизированное и автоматизированное производство. Крупная кондитерская фабрика — это большое налаженное производство.

Сердце кондитерской фабрики — *сиропная станция*. Здесь варят сироп из сахарного песка и патоки. Отсюда он идет по трубам во все цехи.

В карамельном цехе сироп прежде всего уваривают в *вакуум-аппарате*. Из аппарата тянется лента густой сладкой массы. Она скользит по металлическому столу под 3 *дозаторами*. Из одного сыплется порошок лимонной кислоты, придающий карамели приятный кисловатый вкус, из второго капает ароматическая эссенция, из третьего — специальная пищевая краска. От цвета и аромата зависит сорт карамели: «Мятная» или «Дюшес», «Барбарис» или «Театральная» и т. д.

Месильная машина утягивает ленту карамельной массы со стола и хорошо перемешивает. Затем *катальная машина* скатывает карамельную массу в конус. Из вершины конуса ролики все время вытягивают жгут. Он, как змея, уползает в лоток *формовочно-заверточной машины*. У другого конца лотка вращающийся нож отрубает одинаковые карамельки. Толкатель выталкивает их в сторону, где идут две бумажные ленты: узкая белая и пошире с рисунком. Лапа толкателя ловко вкладывает карамельку в эти ленты, а сверху нож обрезает бумагу.

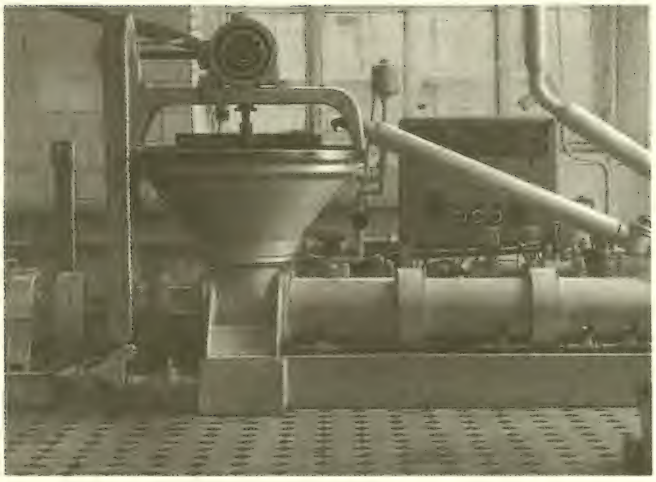
Сбоку от лотка — колесо. Оно похоже на карусель, только поставленную набок. Вместо колясок на этой карусели пары лапок-держателей. Колесо поворачивается скачками. Вот держатели захватили обернутую карамельку. Скачок — и следующая пара держателей хватает следующую карамельку. А дальше стальные пальцы автомата ловко закручивают кончики обертки. Готовые карамельки летят, как из пулемета: 400 штук в 1 минуту!

Леденцы делают на других машинах. Здесь навстречу друг другу вращаются два вала с фигурными углублениями. Захватывая ленту карамельной массы, валы штампуют ее. Из углублений разной формы выпрыгивают леденцы, похожие то на яблочко, то на грушу, то на малинку.

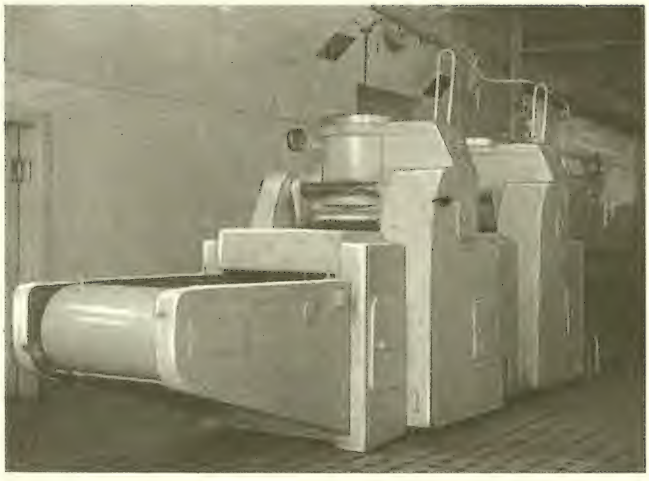
Несколько сложнее производство карамели с начинкой. Для получения начинки все тот же сироп перемешивают с повидлом из яблок, слив, вишен или других плодов. Смесь тщательно протирают и уваривают в вакууме. Готовая начинка идет по трубке в катальную машину. Сюда же подается карамельная масса для оболочки.

Валики, поставленные под углом друг к другу, скатывают карамельную массу в конус. Внутрь это-

Машина для изготовления шоколадной глазури.



Вот на таком автомате отливаются всем вам хорошо знакомые плитки шоколада весом по 100 г. *Внизу:* завертывают конфеты в бумагу тоже автоматы. *На снимке*: автоматизированный участок завертки глазированных конфет.



го конуса и подается по трубке начинка. Из вершины конуса тянется жгут карамельной массы с начинкой внутри. Формовочная машина сдавливает этот жгут с боков и прессует из него готовые карамельки. Их охлаждают, очищают в *шкафу-трясуне* и глазируют во вращающемся *наклонном котле*. Охлажденная после глазировки карамель с начинкой идет либо на завертку, либо на расфасовку.

Проследим, как работает автоматическая линия для расфасовки незавернутой карамели. Карамель катится по желобу в бункеры *весов-автоматов*. Набрав нужную массу, каждый бункер опускается и высыпает карамель в один из *лотков*, соединенных в бесконечную цепь. Лоток несет порцию карамели дальше, а опорожненный бункер поднимается и снова становится под загрузку. А пока он опускался, загружались бункеры других весов.

Другая ветвь линии делает упаковочные коробки. Она разматывает рулон картона, печатает на нем рисунок, потом вырубает заготовки коробок, смазывает их клеем, складывает, обжимает и, наконец, выкладывает на движущуюся ленту. Здесь над коробками опрокидываются лотки с отвешенными порциями карамели.

Но одинаково ли наполняются все коробки? Не обвесим ли мы покупателя? Сейчас проверим! Коробки едут к *станции контроля уровня*. Здесь на карамель опускается площадка. Если карамели мало — площадка опускается ниже положенного уровня. В этом случае она включает механизм, сталкивающий коробку в сторону. И здесь, впервые на всем пути, карамель попадает в руки к работнице. Она быстро довешивает коробки вручную и передает их на заклеечную станцию. Но большинство коробок, поступающих на эту станцию, загружено правильно.

В ирисном цехе производство начинается с приготовления ирисной массы. Ее варят из сиропа со сливочным маслом или другими добавками. Массу уваривают в *вакуум-аппарате*, охлаждают и закладывают в катальную машину. А дальше ирисная масса направляется в точно такую же *формовочно-заверточную* машину, какая работает в карамельном цехе.

Интересно механизировано производство помадных конфет. В конфетном цехе сироп варят с сахарной пудрой, добавляя ароматическую эссенцию. *Помадосбивальная машина* готовит помаду, которая подается в воронку *конфетоотливочной машины*. Воронка эта необычная. У нее внизу 24 отверстия в ряд. А под этими отверстиями едут на ленте лотки с формами. Лотки деревянные и заполнены крахмалом, в котором предварительно выдавлены ряды оди-

наковых углублений. В каждом ряду — 24 углубления.

Как только очередной ряд углублений подъедет под воронку — из каждого отверстия выливается порция массы в свое углубление. Залитые формы поступают по конвейеру в охлаждающий шкаф. Затем содержимое лотков высыпается на механическое сито.

Крахмал отсеивается и снова идет на формовку, а готовые конфеты очищаются щетками или обдуваются.

На этом заканчивается производство незавернутых помадных конфет: «Фруктовая помадка», «Шоколадная помадка». А конфеты «Школьная», «Восточные» идут на заверточные машины. «Лимонные», «Каштанка» и многие другие сорта передаются в *глазировочную машину*. В этой машине движется сетка, соединенная в бесконечную ленту. Разложенные на сетке заготовки конфет проезжают под фильерой — узкой щелью, из которой на них льется шоколадная глазурь. Она обволакивает заготовки снаружи, а избытки стекают в сборник и снова возвращаются в воронку. Готовые конфеты охлаждаются, глазурь застывает, после этого конфеты поступают на завертку или расфасовываются незавернутыми.

В ворота кондитерской фабрики то и дело въезжают грузовики. Они привозят сахар, патоку, повидло, сливочное масло, бутыли с пищевыми красками и ароматическими эссенциями, рулоны бумаги и картона. А навстречу выезжают машины с ящиками готовой продукции.

Консервный завод

Помните, как хвастался гоголевский Хлестаков? «Суп в кастрюльке прямо на пароходе приехал из Парижа; откроют крышку — пар, которому подобного нельзя отыскать в природе...» Провинциальные чиновники и верили Хлестакову, и не верили.

Но то, что было невероятно в начале прошлого века, сейчас стало обычным. Мы с вами едим ароматный борщ с Украины, горошек из Молдавии, маринованный перец из Болгарии, айву из Армении, сайру из Атлантики, едим печень трески — той самой рыбы «лабардан», которая в такой восторг привела Хлестакова. Ведь в наши дни существуют *консервы!*

Есть сотни видов консервов. И все они выдерживают долгий срок хранения и перевозку на дальние расстояния. Это потому, что в них нет микроорганизмов, вызывающих порчу продуктов. Они убиты на заводе *нагреванием*, а новые проникнуть не могут: не дает *герметичная упаковка*.

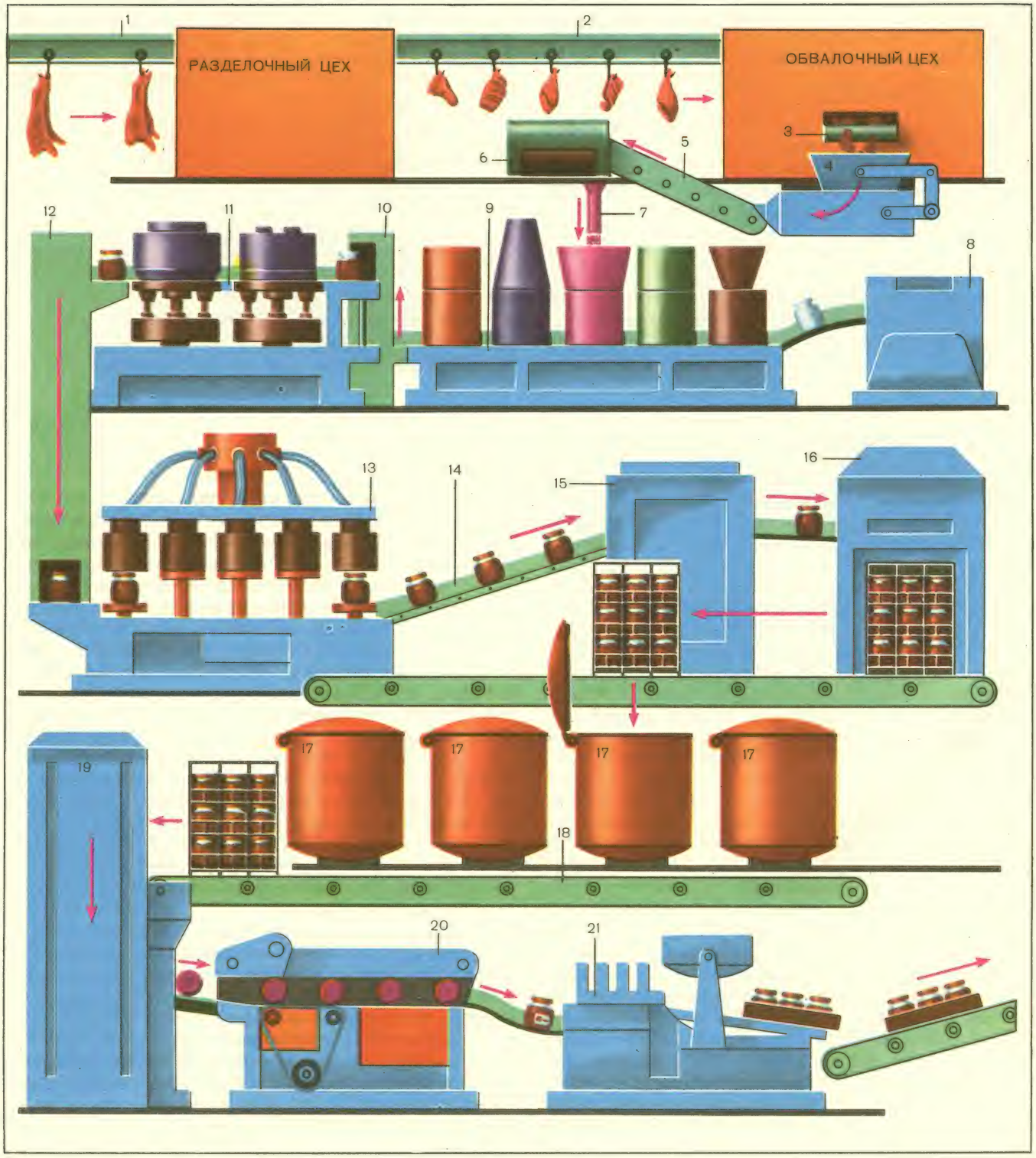
В СССР изготовляют более 10 млрд. банок консервов в год. На каждого жителя выходит не так уж много: меньше одной банки в неделю. Но если собрать все банки вместе — ими можно было бы вымостить дорогу до Луны, да не в один ряд! Как же удается вырабатывать консервы в таких астрономических количествах? Это стало возможным только в результате широкой механизации и автоматизации консервного производства.

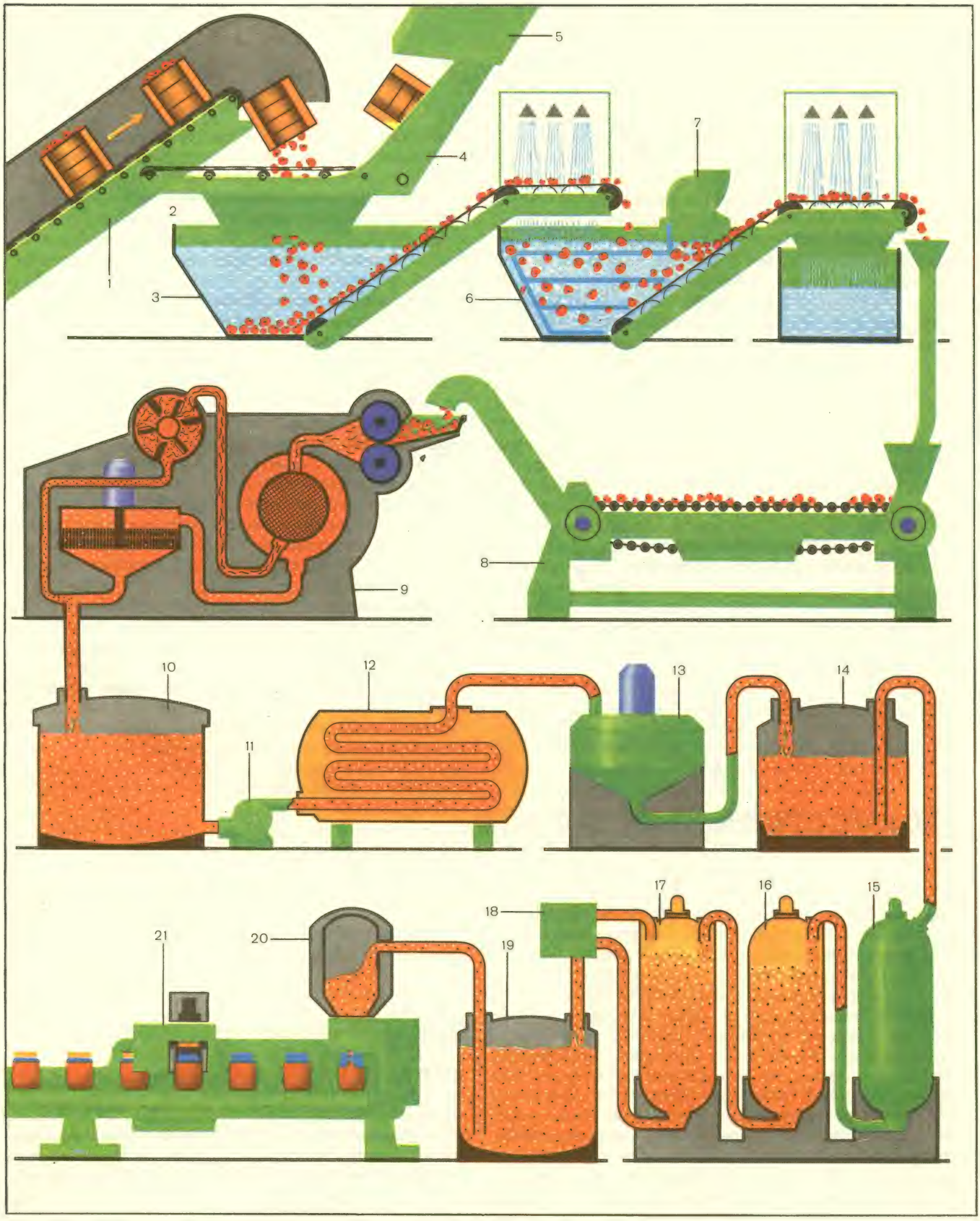
Вот, например, как делают мясные консервы. Туши разделывают на *конвейере 1* в разделочном цехе и затем подвешивают их части на крючки *цепного транспортера 2*. Они плывут над столами *обвалочного* цеха, за которыми работают *обвальщики*. Каждый обвальщик обрабатывает «свою» часть туши. Быстрыми и ловкими движениями снимает с костей мясо, отделяет сухожилия, хрящи и другие ненужные части. Обработанное мясо по *ленточному транспортеру 3* поступает в *мясорезку 4*, отсюда по наклонному *элеватору 5* на *распределительный транспортер 6*. С транспортера по *спускам 7* нарезанное мясо попадает в *расфасовочные автоматы 9*, которые укладывают его в банки и добавляют соль, перец, лук, лавровый лист, а сверху наливают в каждую банку горячий, растопленный жир. Пустые чистые банки поступают из *моечной машины 8*. *Порционный конвейер 10* подает наполненные банки к автоматическим *закаточным машинам 11*. Каждая машина закупоривает две банки в 1 секунду! Закупоренные банки по *конвейеру 12* поступают в *испытательную машину 13*.

Испытательная машина проверяет банки на герметичность, а *наклонный элеватор 14* поднимает их в *моечную машину 15*. Вымытые банки по *течке* соскальзывают к *банкоукладчику 16*, а оттуда сетки с банками попадают по конвейеру в *автоклавы 17*, где их выдерживают при температуре более 100° С. Здесь мясо тушится и одновременно стерилизуется, в результате чего погибают все микроорганизмы. Сетки со стерилизованными консервами поступают сначала на *конвейер 18*, несущий их к *разгрузчику 19*,

В СССР изготовляют 10 млрд. банок консервов в год. Это возможно только благодаря широкой механизации и автоматизации консервного производства. *На рисунке:* изготовление мясных консервов.

Приготовление консервов томата-пасты полностью автоматизировано. *На рисунке*: схема процесса приготовления томата-пасты. ▶




1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

а затем по течке на *этикетировочные автоматы 20*. Линию завершает *банкоукладочный автомат 21* — он укладывает готовые банки в ящики.

А вот как вырабатывают томат-пасту.

Ящики с томатами привозят на завод и выгружают на приемный транспортер *ящикоопрокидывательной машины 1*. Это — начало автоматизированной поточной линии. Томаты вываливаются в *бункер 2*, а оттуда падают в ванну *моечной машины 3*. *Транспортер 4* уносит пустые ящики к *ковшовому элеватору 5*, который передает их к *машине для мойки ящиков*.

А тем временем цепной транспортер «выуживает» томаты из ванны, проносит их под сильным душем и сгружает в ванну следующей (компрессорной) *моечной машины 6*. *Компрессор 7* продувает через эту ванну воздух. Вода бурлит, и томаты хорошо отмываются. Пройдя еще раз под душем, они попадают на *инспекционный конвейер 8*, который устроен так, что томаты на нем все время кувыркаются. При этом работницы, обслуживающие конвейер, убирают гнилые томаты в бункер для отходов. К доброкачественным томатам рука человека вообще не прикасается.

Инспекционный конвейер передает томаты в *семяотделитель 9*. Оказывается, семена томатов содержат много жира. Их нужно отделить, чтобы потом извлечь этот жир. Для этого томаты дробят между зубьями двух барабанов. Получается каша, которая поступает в *сепаратор* — быстро вращающийся барабан с отверстиями. Кожура остается внутри барабана и уходит по желобу в дробилку, а сок, мякоть и семена сливаются в *протирочную машину*. Здесь мякоть с соком протирается через мелкое сито и выходит в сборную трубу. Сюда же из дробилки подается измельченная кожура. А семена остаются на сите.

Масса, отделенная от семян, стекает в *сборник 10*, а из него *насосом 11* подается в *подогреватель 12*. *Протирочная машина 13* еще раз тщательно перетирает подогретую массу. Получившийся жидкий продукт (нечто вроде томатного сока) собирается в *баке 14*. В нем 95—96% воды и только 4—5% сухих веществ. Чтобы из этой массы получить томат-пасту, надо довести содержание сухих веществ до 30%. Для этого массу уваривают в *трехкорпусной вакуумвыпарной установке 15, 16, 17*. На выходе из вакуумвыпарной установки *контролер-автомат 18* все время проверяет содержание сухих веществ в пасте. Если сухих веществ меньше 30%, включается насос и паста снова подается в третий корпус, где она выпаривается еще раз.

Готовая паста из *сборника 19* поступает в *пастоподогреватель-накопитель 20*, а из него — в банки. *Закаточная машина 21* герметически закупоривает эти банки.

Остается наклеить этикетки. Это тоже делает машина.

Искусственный холод

Долго люди пользовались только естественным охлаждением. Лишь в начале XIX в., когда ученые открыли новые свойства жидкостей и газов, удалось получить холод искусственно. Сначала искусственный холод применялся только для лучшего сохранения продуктов, но сейчас он стал помощником человека и на производстве. В жаркие дни он охлаждает воздух в заводских цехах, позволяет осуществлять в промышленных масштабах химические реакции, протекающие только при пониженной температуре. Холод применяют для замораживания грунтов при проходке шахт и тоннелей. Замерзший грунт служит хорошей преградой от проникновения воды. На многих заводах холодом обрабатывают сталь. После закалки ее охлаждают до —70° С и выдерживают при такой температуре несколько часов. Металл приобретает мелкозернистую структуру, становится более твердым и не таким хрупким. Теперь трудно назвать область техники, где искусственный холод не нашел бы применения. Прирученный холод стал нашим настоящим помощником и другом и на производстве, и в быту.

Как работают холодильные машины

Каждая жидкость кипит при определенной температуре. Однако температура кипения зависит от давления пара над жидкостью. Понижая давление пара, можно достигнуть понижения температуры кипения. При кипении жидкость — ее называют *холодильным*

агентом — отнимает тепло у охлаждаемого тела. Эффект охлаждения за счет кипения жидкости используется в паровых холодильных машинах.

Наибольшее распространение получили *компрессионные* паровые холодильные машины. Машины эти состоят из 4 основных узлов: *испарителя, компрессора, конденсатора* и *регулирующего вентиля.* Узлы соединены трубками и представляют собой единую герметичную систему, заполненную легкокипящим холодильным агентом.

Испаритель — это змеевиковая, обычно ребристая снаружи медная трубка. Он расположен непосредственно в шкафу или в камере. Благодаря непрерывному отводу пара в испарителе поддерживается низкое давление. Теплый жидкий холодильный агент, попадая в испаритель, начинает кипеть. Часть жидкости превращается в пар за счет тепла, которое она отбирает у остальной части жидкости. Поэтому температура оставшейся жидкости резко снижается. Оставшаяся жидкость продолжает уже кипеть при низкой температуре (—15° С и ниже), отбирая тепло из воздуха в камере. В результате воздух в камере охлаждается (примерно до 0° С).

Компрессор отсасывает пары из испарителя, поддерживая в нем низкое давление порядка 0,1—0,2 МПа, сжимает их и направляет в конденсатор, давление в котором примерно 0,6—1 МПа (0,1 МПа = $= 10^5$ Па = 1 кгс/см^2). На сжатие паров затрачивается работа, и они нагреваются выше температуры окружающей среды. В конденсаторе пары охлаждаются воздухом (или водой) и снова превращаются в жидкость (конденсируются). Затем жидкий холодильный агент проходит через маленькое отверстие регулирующего вентиля. Давление жидкости при этом падает, и она снова поступает в испаритель, где в результате кипения охлаждает воздух в шкафу или камере.

В качестве холодильных агентов используют аммиак, фреон-12 и др.

Фреон-12 применяется в небольших машинах, которые охлаждают шкафы, прилавки и камеры в магазинах, столовых и ресторанах. Аммиак же используют для крупных промышленных холодильных машин.

Наряду с компрессионными существуют и другие типы паровых холодильных машин: эжекторные и абсорбционные (см. рис. на стр. 360 и 361).

В *эжекторных* машинах для отвода паров из испарителя используется подсасывающий эффект струи пара, которая с большой скоростью проходит через узкое отверстие сопла эжектора. Поскольку сумма кинетической энергии пара (пропорциональная квадрату его скорости) и статического давления пара величина постоянная (уравнение Бернулли), то около струи пара, движущейся с большой скоростью, создается вакуум. Поэтому пары из испарителя по трубке поступают в камеру эжектора. При расширении в диффузоре скорость пара падает и давление его снова растет. При охлаждении в конденсаторе сжатый пар конденсируется. Часть его через вентиль подается снова в испаритель, а часть насосом — в паровой котел, где при кипении создается пар высокого давления (рабочий пар), который поступает в сопло эжектора, и цикл повторяется.

В *абсорбционных* машинах пары отводятся из испарителя путем поглощения и растворения их жидкостью в специальном аппарате — *абсорбере.* Насыщенный раствор насосом направляется в *генератор,* где его подогревают. Пары из раствора при этом выделяются. Слабый раствор через *регулирующий вентиль 1* возвращается в абсорбер, а пары поступают в конденсатор. Там, охлаждаясь, они превращаются в жидкость, которая, проходя через *регулирующий вентиль 2,* снова поступает в *испаритель.*

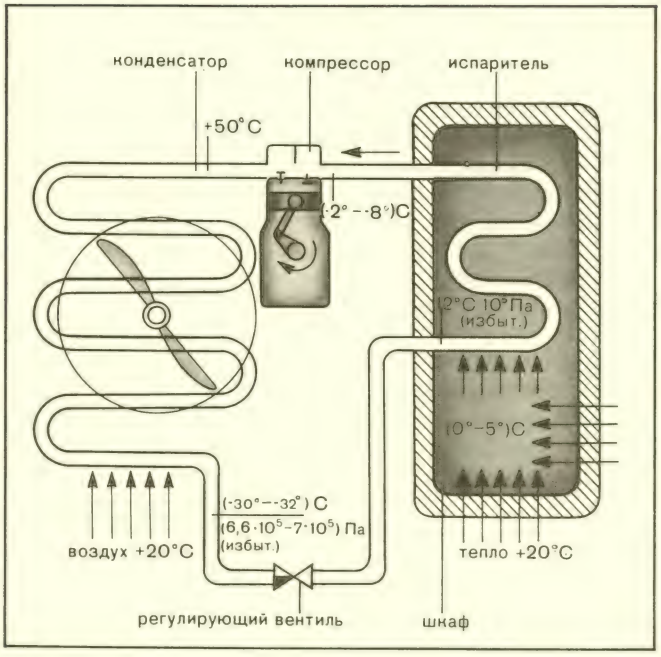
В последние годы в холодильной технике внедряется *термоэлектрическое* охлаждение. На рисунке показана *термобатарея,* составленная из полупроводниковых элементов — *А* и *Б,* соединенных медными пластинами *М.* При прохождении постоянного тока нижний спай пластины *М* с элементом *А* нагревается, а верхний охлаждается. У элемента *Б* холодный спай расположен на входе тока, а не на выходе, но также сверху. Таким образом, одна сторона термобатареи холодная, другая — теплая. Такая термобатарея вставляется в заднюю стенку домашнего холодильника и, отводя тепло от шкафа, через теплую сторону передает его наружу в окружающую среду. Элементы *А* делают, например, из свинца и теллура, а элементы *Б* — из сурьмы и теллура.

Термоэлектрические холодильники несколько менее экономичны, чем компрессионные, но зато они бесшумны и более надежны.

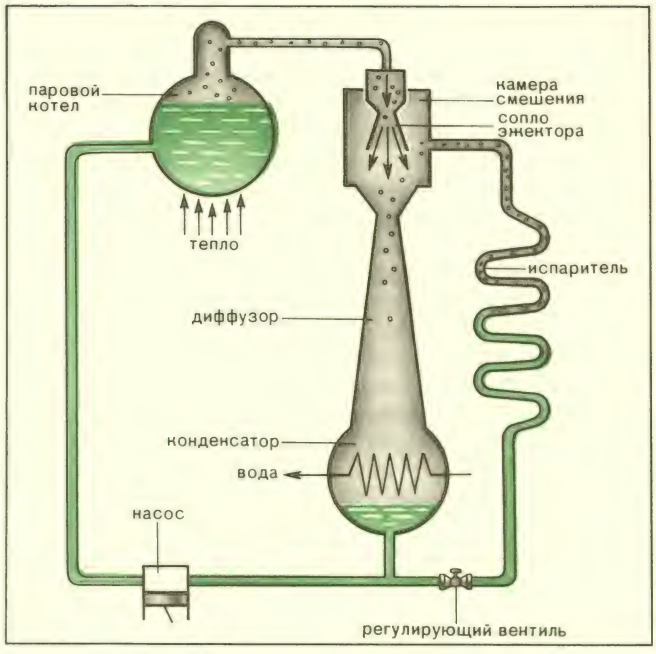
Как используют искусственный холод

Для хранения продуктов строят крупные холодильники. Производственный холодильник — это большое здание без окон, со стенами, облицованными изнутри теплоизоляционными материалами с низкой теплопроводностью. Здание разбито на отдельные камеры. В каждой из них хранятся определенные продукты и поддерживается нужная темпера-

Схема устройства компрессионного холодильника. *Внизу:* домашний компрессионный холодильник «ЗИЛ».



Принципиальная схема работы пароводяного эжекторного холодильника.

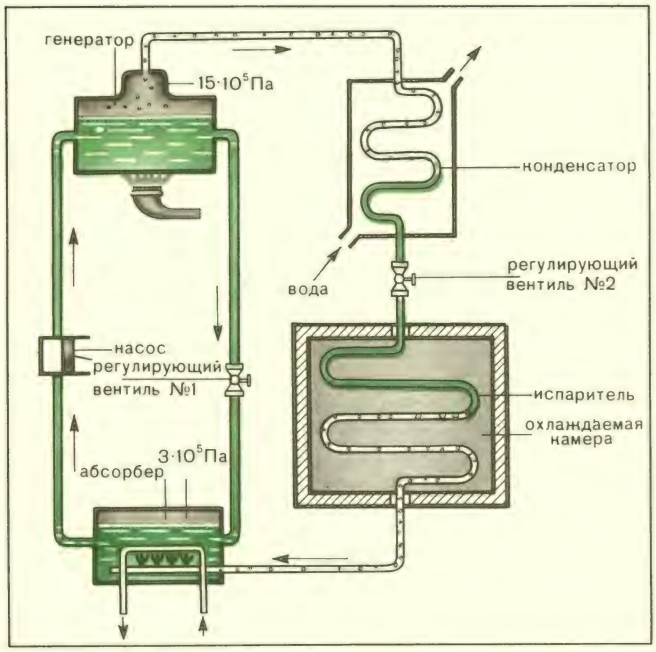


тура. Опыт показал, что для каждого продукта есть вполне определенные границы температуры, позволяющие дольше всего сохранять его вкусовые и питательные качества. Сама холодильная машина расположена в отдельном помещении, а холодильный агент направляется в охлаждающие батареи, расположенные в камерах.

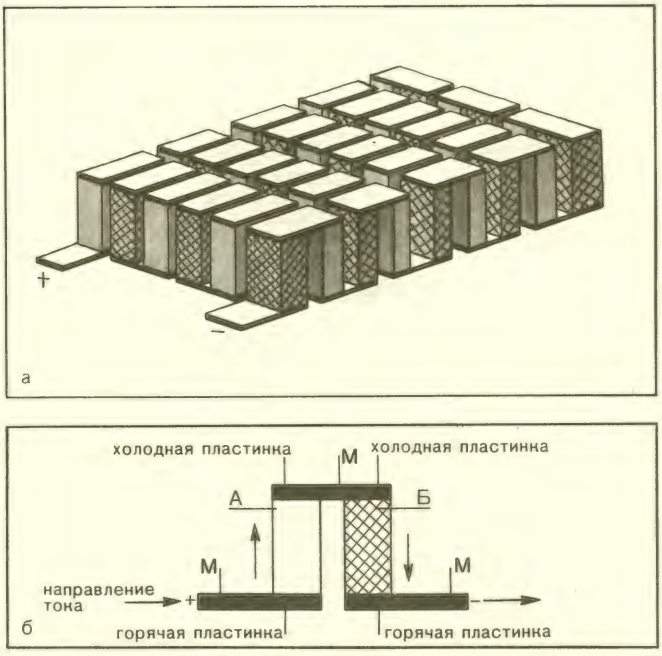
Для хранения и перевозки рыбы используют *суда-рефрижераторы* — плавучие холодильники. По железным дорогам скоропортящиеся продукты долгое время перевозили только в *вагонах-ледниках*. В специальные «карманы» этих вагонов загружали лед. Теперь появились целые *поезда-рефрижераторы*. В одном вагоне располагаются холодильная машина и двигатель, который приводит ее в действие, другие вагоны — это холодильные камеры. Часто на улицах города можно видеть автомобиль с длинным закрытым серебристым кузовом. Это *авторефрижератор*. В передней части кузова помещается холодильная машина. Компрессор ее приводится в движение двухтактным мотоциклетным двигателем. Испаритель расположен в холодильной камере, занимающей остальную часть кузова. Для более равномерного охлаждения продуктов в камере помещен вентилятор, создающий циркуляцию воздуха. В таких авторефрижераторах поддерживается температура —15° С.

Свежие продукты, доставленные в города, попадают в магазины, столовые. Там тоже имеются холо-

Схема устройства абсорбционного холодильника.



Термобатарея — основной агрегат термоэлектрических холодильников (*а*) и схема одного термоэлемента (*б*).



дильные камеры, шкафы. Они полностью автоматизированы. Для хранения молока, например, требуется температура от 2° до 4° С. При достижении температуры 2° С компрессор автоматически выключается. Когда температура в шкафу из-за притока тепла поднимется до 4° С, давление паров фреона-12 в испарителе возрастет и реле давления снова включит компрессор.

Так же работают и наиболее распространенные домашние компрессионные холодильники: «ЗИЛ», «Минск», «Полюс». Между двойными стенками холодильника проложена изоляция, препятствующая проникновению тепла внутрь. Внутри холодильника в верхней части расположен испаритель. Основные узлы холодильной машины — компрессор с электродвигателем в герметическом кожухе и змеевиковый конденсатор — расположены на задней стенке шкафа. Автоматическое включение и выключение компрессора в тот момент, когда в шкафу достигнута необходимая температура, производит специальное реле температуры. Установив ручку реле температуры на определенном делении шкалы, вы получите нужную температуру в шкафу.

В настоящее время применяются новые методы хранения продуктов. Оказывается, если их заморозить очень быстро, то они гораздо дольше и лучше сохраняют свои вкусовые свойства. Например, свежеиспеченные булочки, став от резкого воздействия холода твердыми, как камень, могут в таком состоянии храниться до 2 месяцев. Если их прогреть 10 мин в духовке, булочки снова станут мягкими и ароматными. Таким же образом можно долго сохранять фрукты, овощи, даже готовые обеды.

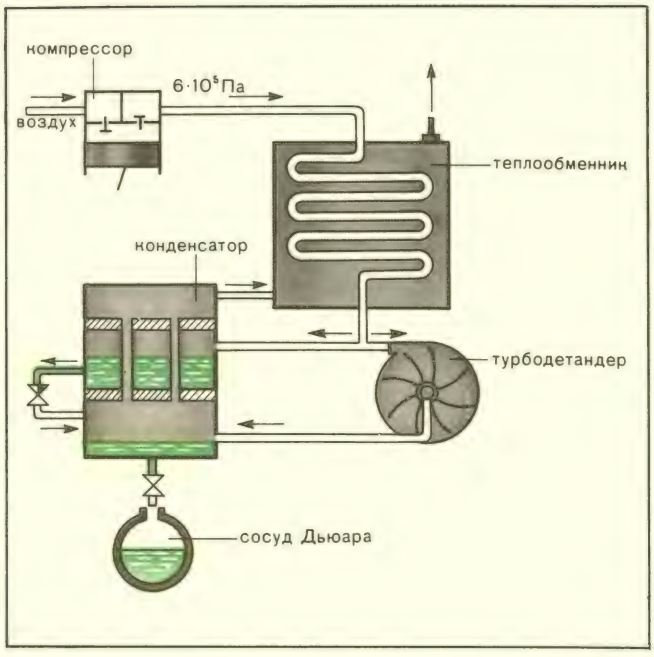
Быстрое охлаждение производят в специальных *скороморозильных аппаратах*. Чтобы ускорить охлаждение, вентилятор гонит в этих аппаратах холодный воздух с очень большой скоростью.

А знаете ли вы, как делают мороженое?

Молоко или сливки смешивают с сахаром и водой, нагревают до 75° С и выдерживают в течение получаса. При этом погибают все микроорганизмы. Затем смесь фильтруют, и с помощью специального насоса давление повышается до 15 МПа. Под таким большим давлением ее с громадной скоростью пропускают через маленькое отверстие, причем на пути помещают твердую преграду. Жировые частички, ударяясь о нее, разбиваются на мельчайшие брызги (до одного микрометра), и смесь становится совершенно однородной.

Теплая масса выливается на трубки охладителя. В верхних трубках протекает холодная вода, а в нижних — холодильный агент с температурой от —5 до —6° С. Смесь охлаждают до +4° С и направляют в холодильный аппарат — *фризер*. Это горизонтально расположенный цилиндр с двойными стенками, между которыми под низким давлением кипит аммиак. Он охлаждает поступающую смесь до температуры —4° С; одновременно ее взбивают и насыщают воз-

Схема получения глубокого холода — температур ниже — 120° С.



духом. Вращающиеся ножи снимают с внутренней стенки загустевшую, как сметана, массу. Мороженое разливают в формочки и замораживают при —20 или —25° С. Готовые порции мороженого кладут между двумя вафлями или обливают шоколадом, после чего остается только завернуть их в бумагу.

Глубокий холод

До сих пор мы говорили об искусственном холоде, применяемом в пищевой промышленности для хранения и транспортировки продуктов питания, где обычно не требуются температуры ниже —40° С. Однако статья об искусственном холоде была бы неполной без рассказа о «глубоком» холоде (температура ниже —120° С).

Получать температуры ниже —120° С с помощью компрессионных установок сложно и невыгодно. Для этой цели применяют другие методы.

Если сжатый газ направить в цилиндр, то он расширится и переместит поршень, совершив при этом работу. Теряя свою энергию, газ сильно охлаждается. Такая машина называется *детандером*. Если сжатый газ направить на лопатки вращающегося колеса — *турбодетандера*, то и в этом случае, вращая ротор, он резко снизит свою температуру. Так, при падении давления с 0,6 до 0,1 МПа воздух охлаждается с 20° до —90° С.

В установке для получения жидкого воздуха сжатый в компрессоре до 0,5—0,6 МПа воздух, прежде чем попасть в турбодетандер, охлаждается в теплообменнике. Из турбодетандера еще более охлажденный воздух поступает в конденсатор. Там он охлаждает и превращает в жидкость другую часть воздуха, которая под давлением 0,5—0,6 МПа поступает из теплообменника в межтрубное пространство конденсатора. Через вентиль жидкий воздух направляется в нижнюю часть конденсатора, где давление уже 0,1 МПа. Оттуда его можно слить в специальный сосуд Дьюара, где благодаря изоляции, создаваемой безвоздушным пространством между двойными стенками, жидкий воздух можно сохранять долгое время.

Получение сверхнизких температур позволило открыть интересные свойства различных веществ. Так, резина в жидком воздухе становится хрупкой, некоторые металлы начинают очень хорошо проводить электрический ток, а свинцовый колокольчик приобретает звучание чистого серебра.

Важнейшее применение глубокого холода — сжижение газов. Каждый газ имеет свою критическую температуру. Пока температура его выше критической, никаким давлением нельзя превратить его в жидкость. При современном развитии холодильной техники стало возможным охлаждать газы намного ниже их критической температуры и превращать их в жидкость при невысоких давлениях. Это позволило дешевым способом получать многие нужные нам газы. Так, если постепенно подогревать жидкий воздух, то сначала из него выделяется азот, имеющий более низкую температуру кипения, а жидкий кислород остается в сосуде. Этот способ получения кислорода широко применяется в промышленности.

Транспорт

Единая транспортная сеть СССР

Зачем нужен транспорт

Днем и ночью идут по железным дорогам нашей Родины поезда, плывут по рекам теплоходы и баржи, бороздят морские просторы пассажирские и грузовые суда, рассекают воздушное пространство самолеты, катят по шоссе и проселкам автомобили. На тысячи километров проложены трубы, по которым перекачиваются нефть, бензин, керосин, идет газ. На высоких ажурных мачтах подвешены провода, по которым передается электроэнергия.

Каждый день миллионы тонн грузов доставляются по назначению: уголь — от шахт к электростанциям, железная руда — к доменным печам, металл — к машиностроительным заводам, хлопок — на текстильные фабрики, кожа — на обувные. Без транспорта промышленность не могла бы работать: в несколько дней кончились бы запасы сырья и топлива, не стало бы запасных частей для ремонта, склады переполнились бы готовой продукцией, производство остановилось.

Столь же необходим транспорт и сельскому хозяйству.

Огромное количество сельскохозяйственных грузов — зерна, картофеля, свеклы, фруктов и т. д.— перевозится на элеваторы и базы, на сахарные, консервные заводы и другие предприятия пищевой промышленности. Мука, мясо, молоко, масло и другие продукты ежедневно доставляются в города и поселки. А на село с заводов и фабрик везут химические удобрения, сельскохозяйственные машины, строительные материалы, которые необходимы для развития сельского хозяйства, везут промышленные изделия — ткани и обувь, одежду и книги, радиоприемники и телевизоры, велосипеды и мотоциклы, игрушки и школьные тетради.

В железнодорожных поездах, автомобилях и автобусах, на морских и речных судах и самолетах едут, плывут, летят по нашей огромной стране люди, едут на заводы, стройки, на целинные земли, в институты, на курорты и в туристские лагеря. Транспорт необходим и для перевозок внутри предприятий, для перемещения грузов между цехами и внутри цехов, для перевозки всякого рода колхозных и совхозных грузов. Эти работы выполняют конвейеры и краны, подъемники и подвесные дороги, внутризаводские асфальтобетонные и рельсовые пути, подземный транспорт шахт и различные трубопроводы, автомобили совхозов и колхозов. Наконец, большое значение имеет и городской транспорт.

У каждого вида транспорта свои преимущества

Каждый вид транспорта отличается своими особенностями. И задача работников транспорта — наилучшим образом использовать эти особенности, полнее загрузить каждый вид транспорта теми перевозками, которые ему наиболее подходят, и тем самым сделать перевозки как можно дешевле. Надо добиваться, чтобы все виды транспорта работали согласованно и не приходилось бы терять время при передаче грузов и пересадке пассажиров с одного на другой.

Наша страна очень велика, расстояния большие, поэтому важно, чтобы перевозки стоили возможно дешевле. *Самый дешевый транспорт — водный.* Подготовка и содержание в порядке водных путей обходятся дешевле, чем строительство и ремонт железных дорог и шоссе. Кроме того, для перемещения по воде с небольшими скоростями нужны гораздо меньшие усилия, чем для движения по суше, а следовательно, и меньшие затраты труда и материалов. Но водный транспорт у нас имеет ограниченное применение. Во-первых, многие местности страны находятся далеко от морей и больших рек. Во-вторых, судоходные реки и большинство наших морских портов зимой замерзают.

Железные дороги можно строить повсеместно и почти в любом направлении, работают они регулярно и могут перевозить очень много грузов. Поэтому, хотя постройка железных дорог обходится довольно дорого, именно по ним осуществляется 60% всех перевозок в нашей стране.

Среднее расстояние перевозки грузов по железным дорогам в СССР составляет около 860 км, а по рекам — 480 км.

Построить обычную шоссейную дорогу стоит в 2—3 раза дешевле, чем железную. Но зато перевозка автомобилем обходится во много раз дороже, чем по железной дороге. Почему? Понять нетрудно: вспомните, что электровоз тянет за собой поезд с тысячами тонн полезного груза, тогда как самый мощный грузовой автомобиль может перевезти несколько десятков тонн, а обычные машины — всего 2—4 т. Поэтому расходы по перевозке железной дорогой распределяются на большую массу груза (в тоннах), чем при перевозке автомобилем, и на каждую тонну приходится меньше затрат. Перевозка 1 т груза, например, от Москвы до Ростова-на-Дону обходится самим железным дорогам примерно в 2 руб. 80 коп., а от Москвы до Ленинграда — 1 руб. 50 коп. Перевозка 1 т груза на то же расстояние автомобилем обойдется в 20 раз дороже.

Автомобилем выгодно перевозить грузы на короткие расстояния — до 50 км. На такие расстояния перевозить грузы железной дорогой накладно: в этом случае «постоянные» расходы, неизбежные и одинаковые при любом расстоянии,— по погрузке и выгрузке, подаче вагонов, расформированию поездов — распределяются на малое расстояние (в километрах), т. е. на 1 км перевозки падают значительные затраты.

Скоропортящиеся грузы — овощи, фрукты, живую рыбу — выгодно везти автомобилем и на бóльшие расстояния, так как автомобиль позволяет доставить их быстрее, чем железная дорога. Лучше затратить больше средств на перевозку, но получить груз в сохранности, чем потратить меньше и выбросить потом значительную часть груза, испортившуюся в пути.

Самый быстрый вид транспорта — воздушный. Но он же и самый дорогой.

Как же распределяется работа между всеми видами транспорта в нашей стране?

Железнодорожный транспорт перевозит основную массу грузов и пассажиров во всех направлениях.

Речным транспортом выгодно перевозить лесные грузы, нефть, строительные материалы и некоторые другие массовые грузы. Больше всего грузов перевозится по Волге и ее притокам, а также по Днепру, Северной Двине, а в Сибири — по Оби, Енисею. Велико движение грузовых и пассажирских судов и по каналам: каналу имени Москвы, Волго-Донскому имени В. И. Ленина, Волго-Балтийскому,— и по искусственным, созданным руками человека морям. Пассажиры пользуются речным транспортом главным образом там, где нет железных дорог или нельзя полететь самолетом. Кроме того, сама по себе поездка на речном судне летом настолько приятна, что привлекает многих отдыхающих. За последние годы пассажиров перевозят быстроходные речные суда на подводных крыльях.

Например, из Горького в Казань на таком судне можно добраться быстрее, чем на мощном теплоходе или по железной дороге.

Морской транспорт обслуживает в первую очередь прибрежные районы. Большое значение он имеет и для хозяйства нашей страны в целом. Морской транспорт доставляет в Советский Союз товары, купленные за рубежом, и вывозит из нашей страны товары, которыми торгует СССР со многими странами мира. Морской транспорт самый дешевый. Большие морские суда могут сразу забрать очень много груза. 40—50 тяжеловесных поездов понадобится, чтобы пе-

ревезти те 100 тыс. т нефтяных грузов, которые вмещает в себя современный танкер (не самый крупный).

Автомобильный транспорт, как уже говорилось, работает в основном на коротких расстояниях. Он подвозит грузы к железнодорожным станциям и пристаням, развозит прибывшие грузы на фабрики, заводы, в колхозы и т. д. Автомобили перевозят много строительных материалов, топлива, промышленных изделий в городах, а также зерна, картофеля, овощей, удобрений на селе. В тех местах — на севере и востоке страны, в горных районах,— где железных дорог мало, автомобильный транспорт перевозит грузы и пассажиров и на большие расстояния. Конкурирует автотранспорт с железными дорогами и в области пассажирских перевозок. Нередко пассажиры-туристы предпочитают ехать из одного города в другой на автобусе. Это часто позволяет быстрее доехать до места.

Воздушный транспорт используется для перевозки пассажиров и почты, особенно на большие расстояния, что дает значительный выигрыш во времени.

Например, из Москвы в Хабаровск поездом надо ехать несколько дней, а самолетом можно долететь за 8 ч. На самолетах перевозят и некоторые грузы, нуждающиеся в особо быстрой доставке, например ранние фрукты, цветы, а иногда и ценное оборудование, приборы.

Трубопроводный транспорт служит для транспортирования нефти, нефтепродуктов и газа. Перекачка их по трубам обходится гораздо дешевле, чем перевозка в цистернах по железным дорогам или по шоссе.

Помимо железных дорог, водного, автомобильного, воздушного и трубопроводного транспорта общего пользования в производстве, в коммунальном хозяйстве, в быту применяются и другие транспортные средства: *подвесные дороги, транспортеры, автопогрузчики, краны, лифты* и др. Эти средства передвижения мы здесь не рассматриваем, так как они входят в состав тех отраслей хозяйства, которые они обслуживают.

В последние годы усилилась разработка транспортных средств нового типа. К ним относятся суда на *воздушной подушке* (см. ст. «Суда на воздушной подушке»). Проводятся опыты и с транспортными средствами на воздушной и магнитной подушке, передвигающимися над сушей. С помощью нагнетаемого воздуха или мощных магнитов вагон слегка приподнимается над путем, что позволяет снизить сопротивление движению и достигнуть очень высоких скоростей — 400 км/ч и более.

Для пассажирских перевозок испытываются также *однорельсовые* железные дороги, пока на короткие расстояния. Преимущество такой дороги в том, что сопротивление движению по одному рельсу меньше, чем по двум, и это позволяет достигнуть высоких скоростей.

Четкость и согласованность

Все виды транспорта должны работать четко и согласованно. Ведь в перевозке грузов обычно участвует сразу несколько видов транспорта. Действительно, чтобы перевезти грузы по железной дороге, надо нередко подвезти их к станции отправления на автомобиле и автомобилем же вывезти со станции назначения. Железные дороги подвозят грузы к морским портам, где происходит перегрузка из вагонов в суда или с прибывших морских судов в вагоны. Да и пассажиры едут несколькими видами транспорта: до железнодорожной станции или аэропорта на автобусе, в такси, на метро, затем поездом или самолетом, а потом нередко опять новым видом транспорта — речным или морским.

Чтобы перевозка совершалась быстро, без задержек, надо прежде всего согласовать расписание работы различных видов транспорта. Например, ко времени прибытия теплохода с грузом должна быть приурочена и подача железнодорожных вагонов. Время отправления самолета надо рассчитать так, чтобы на него успели пассажиры прибывающего поезда. Если такой согласованности не будет, грузы из теплохода придется выгружать не сразу в вагоны, а сначала на склад и лишь потом в вагоны, а пассажиры потеряют время в ожидании пересадки.

Для быстрой, без задержек, перегрузки с одного вида транспорта на другой нужно, чтобы на морских и речных причалах имелись в достаточном количестве краны и другие перегрузочные механизмы, чтобы к железнодорожным станциям, пристаням, аэропортам вели удобные автомобильные дороги.

Значительно ускоряет и удешевляет перевозку многих грузов применение *контейнеров* — больших прочных ящиков стандартных размеров. Их загружают непосредственно на фабрике или заводе тканями, обувью, книгами, мебелью и т. д. Затем грузовые автомобили перевозят контейнеры на железнодорожную станцию, на аэродром или в порт, где подъемные краны устанавливают их на железнодорожные платформы, грузовые баржи или в теплохо-

ды. По прибытии на место их переставляют — тоже с помощью кранов — снова на автомобиль, который и доставляет их непосредственно получателю. Конечно, грузить и перегружать большой контейнер гораздо дешевле и быстрее, чем мелкие ящики.

Теперь, когда вы уже прочли о том, как работает транспорт нашей страны в целом, как отдельные его виды, дополняя друг друга, складываются в *единую транспортную сеть*, можно начать знакомство с каждым его видом в отдельности.

Железнодорожный транспорт

Наша страна — крупнейшая железнодорожная держава. На железных дорогах трудится 2 млн. человек, а если считать вместе с работниками промышленных и других предприятий, имеющихся на железнодорожном транспорте, то больше 3 млн. От железнодорожников требуется величайшая организованность и дисциплина в работе. Для того чтобы поезда ходили точно по графику и расписанию, нужно заботливо содержать в исправности локомотивы и вагоны, пути и связь, нужно вовремя и тщательно их ремонтировать, нужно соблюдать правила эксплуатации.

Железная дорога — это сложное техническое сооружение.

Давайте познакомимся с основными элементами железнодорожного транспорта.

Путь должен быть по возможности пологим и прямым

Подойдем к железнодорожной линии. Перед нами расстилается полотно железной дороги. Не случайно оно так называется — мы видим широкую, ровную полосу земли, по которой уложены рельсы, далеко убегающие в обе стороны.

Железнодорожный путь проходит не только по ровной местности, но и в горах. Однако он должен быть обязательно ровным и пологим, иначе локомотив не сможет вести за собой тяжелый поезд. Поэтому главные железные дороги — *магистрали* — на обширных равнинах нашей страны строят так, чтобы крутизна подъемов и спусков на протяжении всего пути была небольшой. На многих наших магистралях она не превышает 9‰ (промилле), т. е. 9 м на каждые 1000 м пути. Но немало железных дорог построено еще более пологими, с подъемами и спусками, не превышающими 6, а то и 4‰. Какое это имеет значение? На подъем в 4‰ локомотив может вести почти вдвое более тяжелый поезд, чем на подъем 9‰! А чем тяжелее поезд, тем дешевле обходится перевозка 1 т груза.

Железную дорогу стремятся сделать не только *пологой*, но и по возможности *прямой*. Например, магистраль Москва — Ленинград построена с очень небольшими подъемами и уклонами и почти целиком по прямой.

Однако таких дорог немного. Поверхность земли неровна, пересечена горами и холмами, реками и озерами, болотами и оврагами. Железная дорога должна «заходить» в расположенные на пути города и поселки.

Со всем этим приходится считаться, когда трассу железной дороги наносят на карту, а затем проходят по местности с землемерными инструментами, чтобы проложить ее «в натуре», посмотреть, как она «ложится» в естественных условиях.

Трассу дороги выбирают так, чтобы по возможности снизить затраты на ее строительство и содержание, «вписать» ее в рельеф поверхности. Чем более пологим и прямым хотят построить железнодорожный путь и чем менее ровна поверхность земли, тем больше нужно земляных и строительных работ, тем выше насыпи в низинах и глубже выемки, прорезающие возвышенности, тем длиннее мосты. Все это сильно удорожает постройку железной дороги, но зато удешевляет эксплуатацию. А в горах железную дорогу часто приходится прокладывать по очень извилистой трассе, строить виадуки в ущельях, пробивать тоннели.

В настоящее время полотно для железной дороги прокладывают с помощью землеройных машин — экскаваторов, скреперов, участвуют в этом также самосвалы и другие средства транспорта. Насыпи нужно строить так, чтобы они не оседали. Их уплотняют и укрепляют откосы камнем и дерном, а для отвода воды у подошвы насыпи прорывают канавы. Там, где железнодорожный путь проходит в выемке, надо также укреплять откосы, рыть *кюветы* — канавы для отвода воды.

Мосты и тоннели

Трудно и сложно строить мосты, особенно большие, и обходятся они дорого, во много миллионов рублей. Мосты строят из металла, железобетона, камня, дерева. В настоящее время чаще всего возводят металлические и железобетонные мосты. Если речка узкая, то строят береговые опоры и устанавливают на них пролетное строение — стальное или железобетонное перекрытие между опорами. Если же река широкая, то кроме береговых приходится возводить промежуточные опоры — быки, фундамент которых уходит в русло реки, и устанавливать несколько пролетных строений. На современных больших мостах пролетные строения часто делают в виде металлических или железобетонных арок, которые несут нагрузки от проезжей части моста. Арки в мостах применяются с древнейших времен. Они воздействуют на опоры не только вертикальным, но и горизонтальным давлением, создавая распор. Если концы арки стянуты брусом — затяжкой, то арка воздействует на опоры только вертикальным давлением.

Металлические пролетные строения легче железобетонных, но на них идет много стали, их делают на заводе металлоконструкций, а на месте только устанавливают. Металл ржавеет, и мост приходится часто красить, чтобы защитить от ржавчины, а это стоит дорого.

Железобетонный мост тяжелее, но его можно делать на месте и красить не надо.

В последнее время строят много железобетонных мостов.

В горной местности для проведения железной дороги, как уже говорилось, часто приходится пробивать тоннели. Для сооружения тоннеля в мягких породах применяют специальные *проходческие щиты*. Они медленно передвигаются по трассе будущего тоннеля, по мере того как выбирают грунт впереди. С помощью проходческого щита стены тоннеля облицовываются каменными, чугунными или железобетонными плитами (см. рис. на стр. 325).

Проходческие щиты применяются и при сооружении в крупных городах подземной железной дороги — метрополитена.

Когда тоннель сооружается в каменных породах, приходится применять взрывные работы.

Земляное полотно и мосты называются *нижним строением пути*. Оно служит основой *верхнего строения пути* — рельсов, шпал и балласта. Рельсы прокатываются из стали на металлургических заводах.

Посмотрим на рельс с его торца (конца). Поперечный профиль рельса состоит из *головки*, по которой катятся колеса локомотивов и вагонов, высокой и узкой *шейки* и широкой *подошвы*. Такой профиль рельса не дает рельсу изгибаться вниз и в стороны при прохождении тяжелого поезда.

Почему поезда не сходят с рельсов

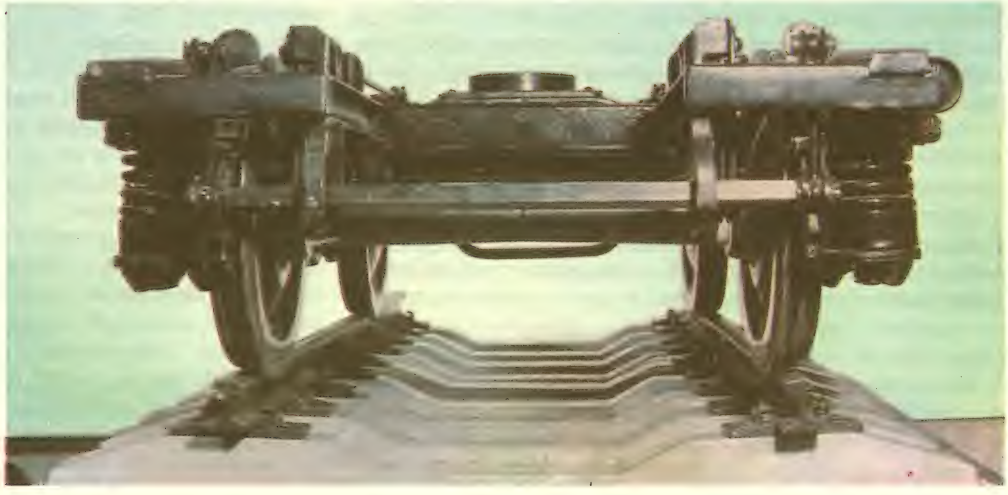
Колеса вагонов или локомотивов наглухо насажены на оси и вращаются вместе с ними (их называют *колесными парами*). На обод каждого колеса насажено плотно схватывающее его стальное кольцо — *бандаж*. С внутренней стороны бандажа по всей его окружности есть выступ — *гребень*. Он не дает колесу сойти с рельса наружу. Сойти с рельса внутрь рельсового пути колесу мешает гребень другого колеса той же колесной пары.

Вес локомотива или вагона создает нагрузку на колесо, а через нее на рельс. Поэтому при движении между колесом и рельсом возникает сила трения (сцепления), и колесо не скользит, а катится по рельсу. От силы, прижимающей колесо к рельсу, зависит и сила тяги локомотива. Чем тяжелее локомотив и чем сильнее его колеса прижимаются к рельсу, тем более тяжелый поезд может он вести. Конечно, двигатели локомотива должны быть достаточно мощными, чтобы вести поезд с необходимой скоростью. Но если локомотив будет слишком легким, то он не сможет вести за собой тяжелый поезд, какими бы мощными ни были его двигатели. Колеса такого локомотива не будут достаточно сильно прижиматься к рельсам и начнут скользить.

Железнодорожный путь

Рельсовый путь стал применяться задолго до появления железных дорог для перевозки массовых грузов — каменного угля, руды, строительных материалов. Опыт и расчеты показали, что лошадь по рельсам может везти груз в несколько раз более тяжелый, чем по обычной дороге, потому что сопротивление движению на рельсовом пути в несколько раз меньше. Значит, и перевозка по такому пути обходится дешевле.

Железнодорожный мост, проложенный в горах через глубокий овраг,— виадук.



Гребни колеса не позволяют колесу соскочить с рельсового пути.

Рельсы, уложенные в путь, скреплены друг с другом болтами и накладками в сплошную рельсовую нить. При укладке рельсов между ними оставляют небольшие зазоры в стыках, рассчитанные на удлинение рельсов в летнее время, когда они сильно нагреваются солнцем. Если бы рельсы укладывали плотно, то их при нагревании могло бы выгнуть в разные стороны, а это грозит крушением.

Каждому хорошо знаком равномерный стук от перекатывания колес вагона через стыки рельсов. По стуку колес пассажир, глядя на часы с секундной стрелкой, может высчитать скорость движения поезда. На тех линиях, которые уложены рельсами длиной 12,5 м (а таких линий пока большинство), 80 равномерно повторяющихся стуков отсчитают нам 1 км. Проследив, за сколько секунд мы проехали 1 км, мы узнаем скорость поезда. Стыки — слабые места железнодорожного пути. Поэтому стараются уменьшить их число. Для этого укладывают рельсы удвоенной длины — 25 м. На многих участках рельсы сейчас сваривают в длинные плети, по 800 м,— создают «бархатный» путь.

На участках пути, где железнодорожная линия закругляется, колею чуть расширяют, а наружный рельс укладывают немного выше внутреннего, чтобы облегчить прохождение локомотивов и вагонов по кривой. Поэтому при прохождении по кривой локомотивы и вагоны наклоняются в ту сторону, куда ведет кривая пути.

Рельсы прикреплены к шпалам *костылями*, которые забивают в шпалу так, чтобы головка костыля прихватывала край подошвы рельса. Между подошвой рельса и шпалой кладут широкую металлическую *подкладку*, чтобы давление рельса распределя-

Путеукладчик укладывает пути на линии Тюмень — Сургут.

лось на большую площадь и шпала под рельсом меньше изнашивалась. Более совершенный способ прикрепления рельсов к шпалам — *раздельный*, при котором рельс прижимается к подкладке болтами, а подкладка крепится к шпалам шурупами.

Шпалы у нас в основном сосновые, пропитанные масляным раствором, который предохраняет их от гниения.

На шпалы расходуется очень много леса. Достаточно сказать, что из большой сосны возрастом 80—100 лет можно вырезать только две полномерные шпалы.

Таких шпал на 1 км пути надо уложить 1600—1800 штук,— значит, для этого придется срубить 800—900 больших сосен, целую рощу. Да и лежит пропитанная маслом шпала в пути в среднем лет 12—15. Поэтому в настоящее время шпалы начали делать из железобетона. Эти шпалы дороже, чем деревянные, но зато служат в несколько раз дольше.

Шпалы нельзя укладывать прямо на земляное полотно, так как под тяжестью проходящих поездов они были бы вдавлены в грунт. Поэтому между шпалой и земляным полотном кладут слой *балласта:* щебень, гравий, песок. Пространство между шпалами также заполняют балластом, чтобы сделать путь устойчивее. Лучший вид балласта — щебень. Он не размывается дождем, легко пропускает воду, долговечен.

Локомотив и вагоны переходят с одного пути на другой с помощью *стрелочных переводов*. Обыкновенный стрелочный перевод состоит из *стрелки* и *крестовины*. Важнейшие части стрелки — 2 *остряка*. Острый конец каждого остряка с помощью переводного механизма можно прижать к тому или другому рельсу и направить подвижной состав прямо или на боковой путь. Пройдя стрелку, подвижной состав вступает на место пересечения двух рельсов, называемое крестовиной. Чтобы колеса не сошли с пути на крестовине, против нее укладывают *контррельсы*.

Как укладывают шпалы и рельсы

Для укладки верхнего строения пути на советских железных дорогах широко применяют механизмы.

Интересен *путеукладчик* системы Платова. Он укладывает путь готовыми звеньями — рельсами с прикрепленными к ним шпалами. Звенья заготовляются заранее на базах и нагружаются целыми «пакетами» на платформы, впереди которых прицеплен путеукладчик. Локомотив ставится сзади и толкает весь этот поезд. Подъемный кран путеукладчика поднимает звено, выносит его вперед и опускает на подготовленное земляное полотно. Звено соединяется с уже уложенным путем, и путеукладчик продвигается по этому звену дальше.

Укладка одного звена занимает всего 1,5 мин. После укладки пути производят *балластировку*. Балласт подвозится в саморазгружающихся вагонах или на обычных платформах и выгружается на путь. Затем специальная машина — *электробалластер* — разравнивает балласт и, идя по уложенному пути, поднимает его на ходу мощными магнитами. Балласт, лежащий на пути, при этом проваливается между шпалами и заправляется под них специальными *струнками*. Электробалластер идет во время работы со скоростью 5—10 км/ч и заменяет более 200 рабочих. Затем балласт уплотняют под шпалами и между ними с помощью *шпалоподбоек* и *трамбовок*. Механизированная укладка пути требует меньше времени, рабочей силы и затрат, чем укладка пути вручную.

Электрическая и тепловозная тяга

На наших железных дорогах применяются *электрическая* и *тепловозная* виды тяги. Они вытеснили прежнюю паровую тягу почти со всех многочисленных магистралей нашей необъятной страны.

Пантограф. Это устройство монтируют на крыше электровоза или моторного вагона для съема тока с контактного провода.

Электрифицированы магистрали огромной протяженности, соединяющие Москву через Урал с Сибирью, вплоть до станции Карымской (к востоку от Иркутска), Ленинград через Москву, Харьков и Ростов с Закавказьем, вплоть до Еревана.

На электрической тяге в настоящее время работают и другие железные дороги — на Севере, на Урале, в Приднепровье, на Кавказе. Полностью электрифицирован Московский железнодорожный узел.

Электрическая тяга позволяет повысить скорость, увеличить количество поездов и массу перевозимых грузов, значительно удешевить перевозки. Благодаря этому большие затраты, которые требуются, чтобы электрифицировать железные дороги, окупаются в короткие сроки — за 5—8 лет, а то и меньше.

Электрифицированная железная дорога получает электроэнергию с крупных электростанций. Трехфазный ток высокого напряжения с этих электростанций поступает на *тяговые подстанции* железных дорог, расположенные через каждые 20—30 км железнодорожной линии. На этих подстанциях трехфазный ток высокого напряжения преобразуется в постоянный ток напряжением 3 кВ, нужный для тяги.

С тяговых подстанций постоянный ток направляется в контактный провод, подвешенный над рельсовым путем.

В последние 15—20 лет стали применять на вновь электрифицируемых железных дорогах СССР однофазный ток частотой 50 Гц повышенного напряжения (25 кВ). Это дает возможность строить тяговые подстанции не через 20—30, а через 60—70 км, т. е. уменьшить вдвое-втрое их число, а подстанции делать более простыми и дешевыми. Повышенное напряжение позволяет уменьшить сечение контактного провода, требующего много меди. Это облегчает и удешевляет контактную сеть. На переменном токе электрифицирована, например, часть Сибирской магистрали и многие другие железнодорожные линии.

Электровозы

На крыше *электровоза* укреплены токоприемники — *пантографы,* которые прижимаются к контактному проводу и передают электрический ток к тяговым двигателям электровоза.

Двигатели расположены под кузовом электровоза на каждой его оси. Большинство наших электровозов имеет 6 осей, размещенных в 2 трехосных тележках, значит, и 6 двигателей. Часть электровозов, более мощных, имеет по 8 осей в 4 двуосных тележках, т. е. 8 двигателей. Каждый двигатель с помощью системы зубчатых передач вращает свою колесную пару и тем самым приводит электровоз в движение. Электрический ток, пройдя через пантограф к тяговым двигателям и совершив в них работу, уходит затем в рельсы, служащие вторым проводом, и через отсасывающие провода возвращается на тяговую подстанцию.

Кузов электровоза похож на вагон. На обоих его концах находятся кабины управления. Это позволяет электровозу двигаться в любом направлении — машинист должен лишь перейти из одной кабины в другую. Восьмиосные электровозы очень длинные (до 33 м). У них 2 кузова, соединенные друг с другом закрытым переходом. В кузове электровоза размещена электрическая аппаратура — ящики сопротивлений, контакторы, переключатели, а также всякого рода вспомогательные машины — мотор-генераторы, компрессоры, вентиляторы и т. п.

Электровозы, питаемые однофазным током через контактный провод, оборудованы также *выпрямителями-игнитронами,* а последних выпусков — полупроводниковыми выпрямителями, преобразующими переменный ток в постоянный, нужный для тяговых двигателей. Восьмиосные электровозы постоянного тока серии ВЛ-10 развивают мощность на ободе колес 5200 кВт (вспомните, какова мощность грузовика), их конструкционная скорость — 100 км/ч. А восьмиосные электровозы однофазного тока ВЛ-80к развивают мощность 6520 кВт, при конструкционной скорости 110 км/ч. Конструкционная

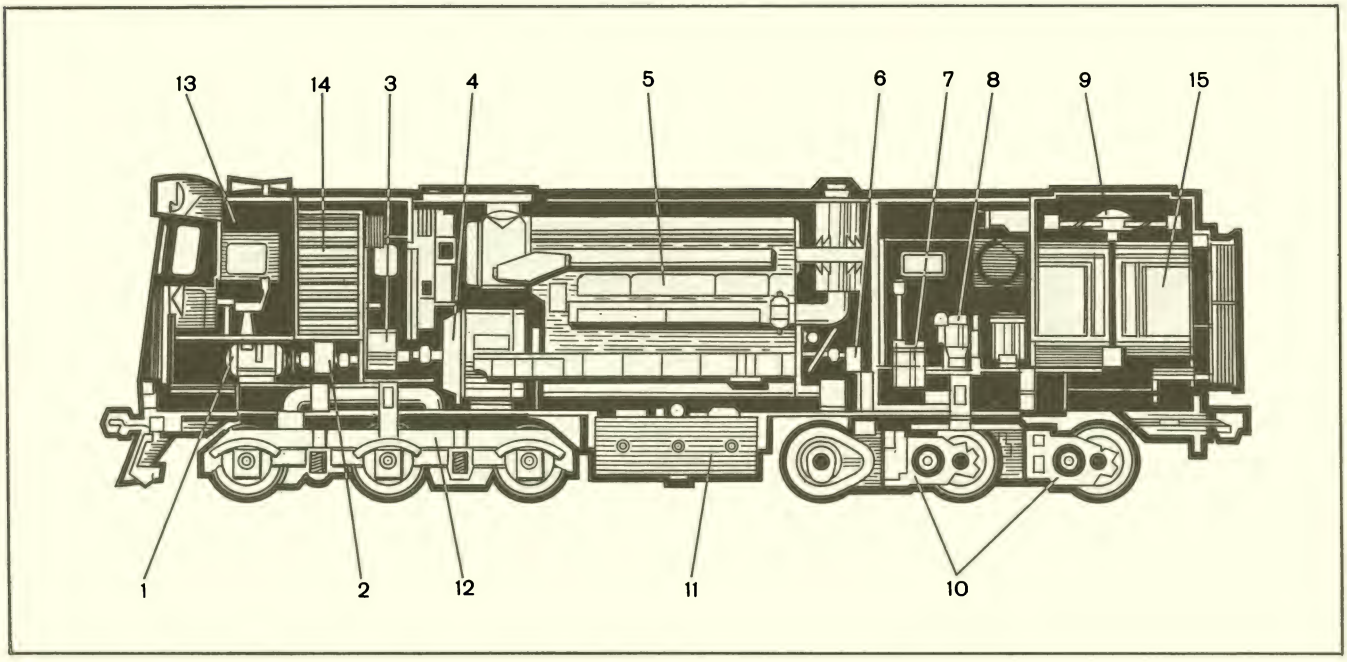


Схема устройства тепловоза: *1* — двухмашинный агрегат (он состоит из возбудителя, питающего обмотку полюсов главного трансформатора, и генератора — источника низкого напряжения для цепей управления и освещения); *2* и *6* — вентиляторы для охлаждения тяговых электродвигателей; *3* и *7* — редукторы; *4* — главный генератор; *5* — дизель; *8* — тормозной компрессор; *9* — вентилятор холодильника; *10* — тяговые электродвигатели; *11* — бак для топлива; *12* — трехосная тележка; *13* — кабина машиниста; *14* — высоковольтная камера (здесь электрические аппараты); *15* — секции холодильника.

скорость современных наших пассажирских электровозов выше 160 км/ч. Это далеко не предел.

На некоторых железных дорогах, например на линии Москва — Ленинград, по которым поезда ходят особенно часто, намечено в недалеком будущем довести максимальные скорости экспрессов до 200 км/ч и более.

На пригородных электрифицированных линиях пассажиры ездят в *электропоездах* (электричках), состоящих из моторных и прицепных вагонов. Под кузовом моторных вагонов на осях находятся тяговые двигатели. На концах крайних вагонов расположены кабины машиниста.

Пригородный электропоезд может развивать скорость до 130 км/ч.

Тепловозы

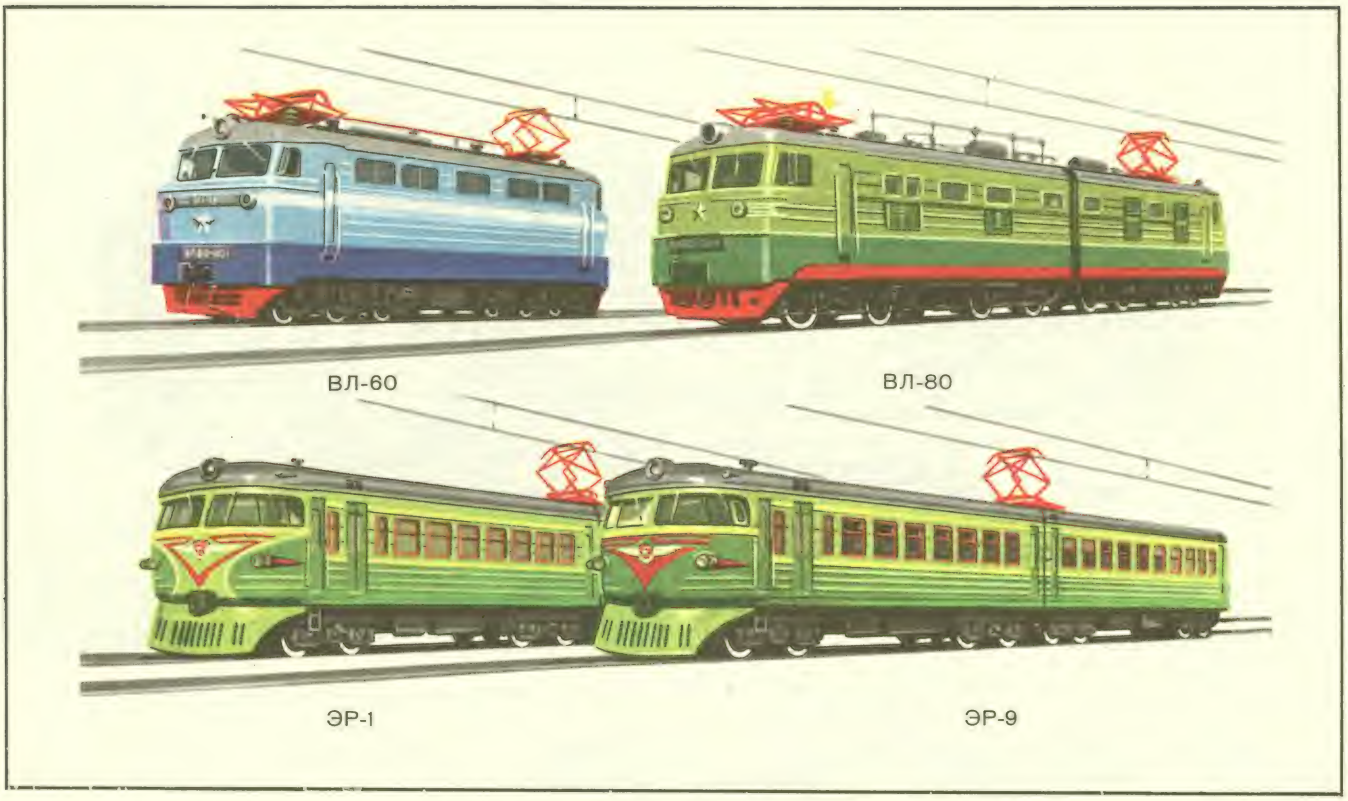
Тепловозы появились на советских железных дорогах более полувека назад по инициативе В. И. Ленина. Тепловоз — близкий родственник электровоза. Электровоз получает энергию по проводам, а тепловоз вырабатывает ее на собственной электростанции. Сердце тепловоза — *двигатель внутреннего сгорания, дизель*. На магистральных тепловозах применяют дизели в 740, 1470, 2200 и 3000 кВт. Эти тепловозы выпускаются обычно двухсекционными, с дизелем в каждой секции. Тепловоз 2ТЭ-10 (в двухсекционном варианте) имеет 2 дизеля по 2200 кВт. Его общая мощность на ободе колес 3500 кВт. Новый тепловоз ТЭП-70 имеет двигатель в 3000 кВт (в одной секции) и развивает скорость до 160 км/ч. Дизели приводят в движение тепловоз не непосредственно, а с помощью *электрической передачи* — генераторов электрического тока и электродвигателей (подробнее о передачах см. ст. «Узлы и детали машин»). На одном валу с каждым дизелем тепловоза находится генератор постоянного электрического тока. Вырабатываемый генератором электрический ток поступает в тяговые электродвигатели, находящиеся на осях тепловоза.

Таким образом, наш серийный магистральный тепловоз правильнее было бы называть теплоэлектровозом.

Тепловоз сложнее электровоза и стоит дороже, зато он не требует контактной сети, тяговых подстанций. Тепловоз можно использовать везде, где только уложены железнодорожные пути. Дизель — экономичный двигатель, запаса нефтетоплива на тепловозе хватает на долгий путь. Мощные пассажирские тепловозы могут развивать скорости до 140—160 км/ч и выше. Тепловозы сравнительно небольшой мощности, с дизелями 300—500 кВт, применяются для маневров в пределах железнодорожных станций.

Тепловоз можно сделать значительно дешевле, отказавшись от дорогой электрической части — *генератора* и *электродвигателей* — и применив *механический привод* от дизеля на ведущие колеса. Эта задача вполне разрешима, и у нас имеются теп-

Типы советских серийных электровозов и пригородных электропоездов. *Внизу:* типы советских серийных тепловозов.



Газотурбовоз.
Внизу: маневровый тепловоз и его пульт управления.

Скоростной поезд. В недалеком будущем он будет курсировать между Москвой и Ленинградом со скоростью 200 км/ч.

ловозы и маневровые, и опытные магистральные с гидромеханической передачей. Однако пока они еще не показали значительных преимуществ в постройке и эксплуатации перед тепловозами с электрической передачей.

Газотурбовозы

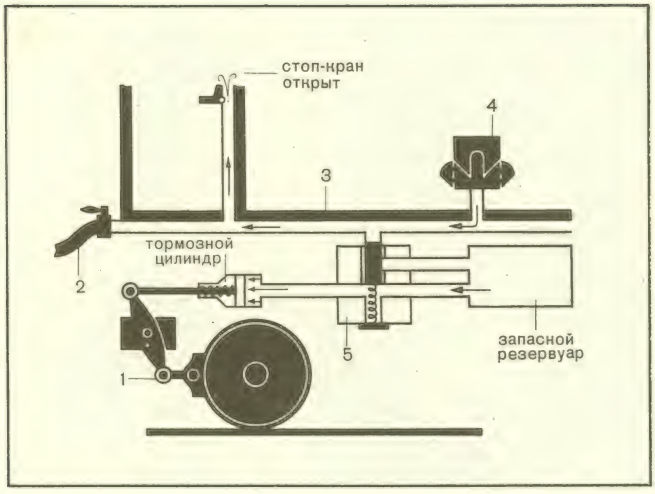
Другая интересная задача — заменить дизель газовой турбиной. Газовая турбина требует гораздо меньше места, чем дизель той же мощности, и локомотив с газовой турбиной — ***газотурбовоз*** можно сделать гораздо более мощным, чем тепловоз таких же размеров. Кроме того, для газовой турбины можно использовать дешевые и грубые виды нефтетоплива — мазуты.

Первые советские газотурбовозы уже поступили на железнодорожный транспорт.

Новая тележка для пассажирских вагонов с гидравлической амортизацией, рассчитанной на скорости до 160 км/ч.

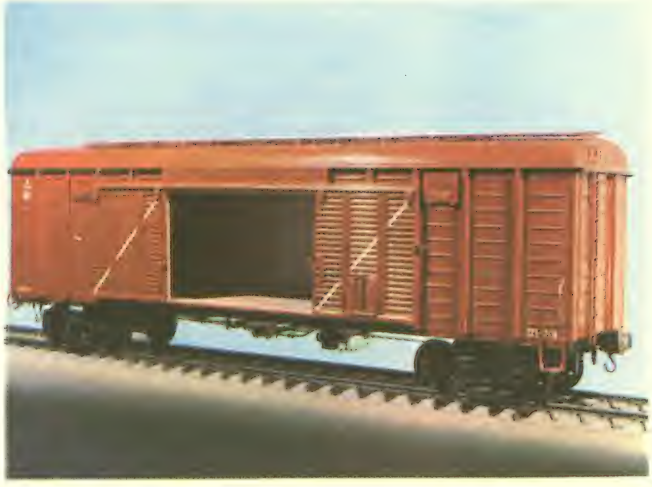
Пассажирский вагон на 68 пассажиров.

Автотормоз: *1* — тормозная колодка; *2* — соединительный рукав; *3* — тормозная магистраль; *4* — компрессор; *5* — воздухораспределитель.



Грузовой цельнометаллический вагон с увеличенным проемом дверей — до 4 м.

Внизу: восьмиосный полувагон грузоподъемностью 125 т.



Вагоны

Пассажирские поезда составляются у нас из 15—16 цельнометаллических вагонов, грузовые поезда — из 40—50 и более вагонов.

Пассажирские вагоны

Пассажирские вагоны раньше строились с деревянным кузовом. Такой кузов непрочен и, бывало, во время крушения поезда разбивался в щепы. Теперь пассажирские вагоны строятся только с цельнометаллическим кузовом. В таком вагоне ехать безопасно. Основа кузова — прочная стальная *рама* с укрепленной на ней *обрешеткой*, состоящей из *стоек*, продоль-

Четырехосная платформа грузоподъемностью 63 т.

Четырехосная цистерна грузоподъемностью 61,5 т.

Хоппер-дозатор для перевозки сыпучих грузов.

Вагон для перевозки живой рыбы грузоподъемностью 39 т.

ных *балок* и потолочных *дуг*. Обрешетка обшита снаружи стальными листами, а внутри — многослойной фанерой.

Наши вагоны очень удобны для пассажиров. Все вагоны дальнего следования имеют спальные места, водяное центральное отопление, электрическое освещение от собственного генератора, приводимого в движение от оси вагона (на стоянках — от аккумулятора), вентиляцию.

Кузов пассажирского вагона опирается на 2 *двуосные тележки* с гибкими рессорами и пружинами для плавности хода. Тележки могут поворачиваться вокруг *вертикального штыря*, который входит в отверстие рамы вагона. Это дает возможность вагону проходить по кривым частям пути. Если надо сменить тележки, например при ремонте вагона или когда вагон переходит на более узкую заграничную колею, кузов вагона приподнимают на домкратах, выкатывают тележки и заменяют их другими.

Вагоны сцепляются друг с другом массивной *автоматической сцепкой*, прикрепленной к раме вагонов и локомотивов. Головка автосцепки имеет 2 так называемых *зуба* и *зев с замком*. При нажатии вагонов друг на друга малый зуб одной головки входит в зев другой, замки сжимаются и запирают автосцепки. Расцепку производят поворотом *рычага*, укрепленного сбоку кузова вагона.

Тормозятся вагоны *автоматическими тормозами* с помощью сжатого воздуха. Под всеми вагонами поезда проходит труба — *воздушная магистраль*. Между вагонами она соединена гибкими шлангами. В магистраль накачан сжатый воздух из главного резервуара на локомотиве. С ней соединены запасные резервуары сжатого воздуха и тормозные ци-

линдры, находящиеся под каждым вагоном. Когда машинист на локомотиве поворачивает рукоятку крана, сжатый воздух выходит из магистрали наружу. Тогда через воздухораспределители запасные резервуары под вагонами соединяются с тормозными цилиндрами, сжатый воздух из резервуаров поступает в эти цилиндры и через рычажные передачи прижимает колодки тормозов к колесам, и состав тормозится. В том случае, если часть вагонов отцепится от состава, воздух также выйдет из магистрали. Поезд автоматически затормозится.

Грузовые вагоны

Грузовые вагоны бывают различных типов, в зависимости от рода перевозимых грузов. Для перевозки промышленных изделий, зерна и других грузов, которые надо прикрыть от снега и дождя, используют *крытые вагоны*. Уголь, руду, лесоматериалы, машины перевозят в *открытых вагонах* — в *полувагонах* и на *платформах*. Для нефти, бензина, керосина требуются *цистерны*. Мясо, рыба, фрукты перевозятся в *вагонах-холодильниках*. Есть и специальные вагоны с *опрокидывающимся кузовом* — для строительных грузов, для перевозки длинномерных грузов, цистерны для перевозки молока и др.

Теперь грузовые вагоны строят почти исключительно четырехосными. Такой вагон может поднять 60 т груза и более — столько, сколько перевезут 15—20 больших грузовых автомобилей. За последние годы стали строить еще более крупные вагоны — шестиосные полувагоны, поднимающие 95 т груза, и восьмиосные, грузоподъемностью 125 т. Перевозки в больших вагонах обходятся дешевле.

Четырехосные грузовые вагоны, как и пассажирские, установлены на 2 двуосных тележках, но более упрощенной конструкции и с менее гибкими рессорами. Автоматические сцепка и тормоза по принципу действия сходны с теми, которые применяются и на пассажирских вагонах, но конструкция автотормозов грузовых вагонов более проста.

Станции и перегоны

На железнодорожной линии в среднем через каждые 7—10 км расположены *станции*. На крупных узловых станциях имеется много всякого рода сооружений и устройств. Здесь расположено большое количество путей для вагонов. Группы таких путей для приема и отправления грузовых поездов, для погрузки и выгрузки, для сортировки вагонов называются *парками*. На крупных станциях имеются *локомотивные* и *вагонные депо*, мастерские, электростанция, склады топлива, грузовые склады, пассажирские вокзалы. Обычно к станциям примыкает много подъездных путей, ведущих к фабрикам и заводам, шахтам и рудникам.

С этих путей груженые вагоны подаются на станцию, и из них в *сортировочном парке* составляют поезда. Многие прибывающие на станцию грузовые составы после короткой стоянки отправляются дальше. Но есть немало поездов, которые состоят из вагонов разного назначения. Эти вагоны надо включить в другие составы или направить на выгрузку. Такие поезда после прибытия на станцию подаются на *сортировочную горку* и распускаются.

Пути сортировочной горки проходят через возвышение — *горб*, с которого вагоны скатываются под действием собственного веса на пути сортировочного парка. Локомотив надвигает — толкает сзади — заранее расцепленный состав на горку. Диспетчер переводит стрелки на тот или другой путь, в зависимости от того, куда дальше пойдет данный вагон. Вагоны, скатывающиеся с горки, группируются на сортировочных путях. Чтобы они не разбились при скатывании, их тормозят вагонными замедлителями, расположенными на горках и подгорочных путях, а также подкладывая под колеса вагонов стальные *«башмаки»*. На станциях с большим количеством сортируемых вагонов перевод стрелок на горке и торможение вагонными замедлителями производятся автоматически, с помощью специального устройства — *горочной автоматической централизации*.

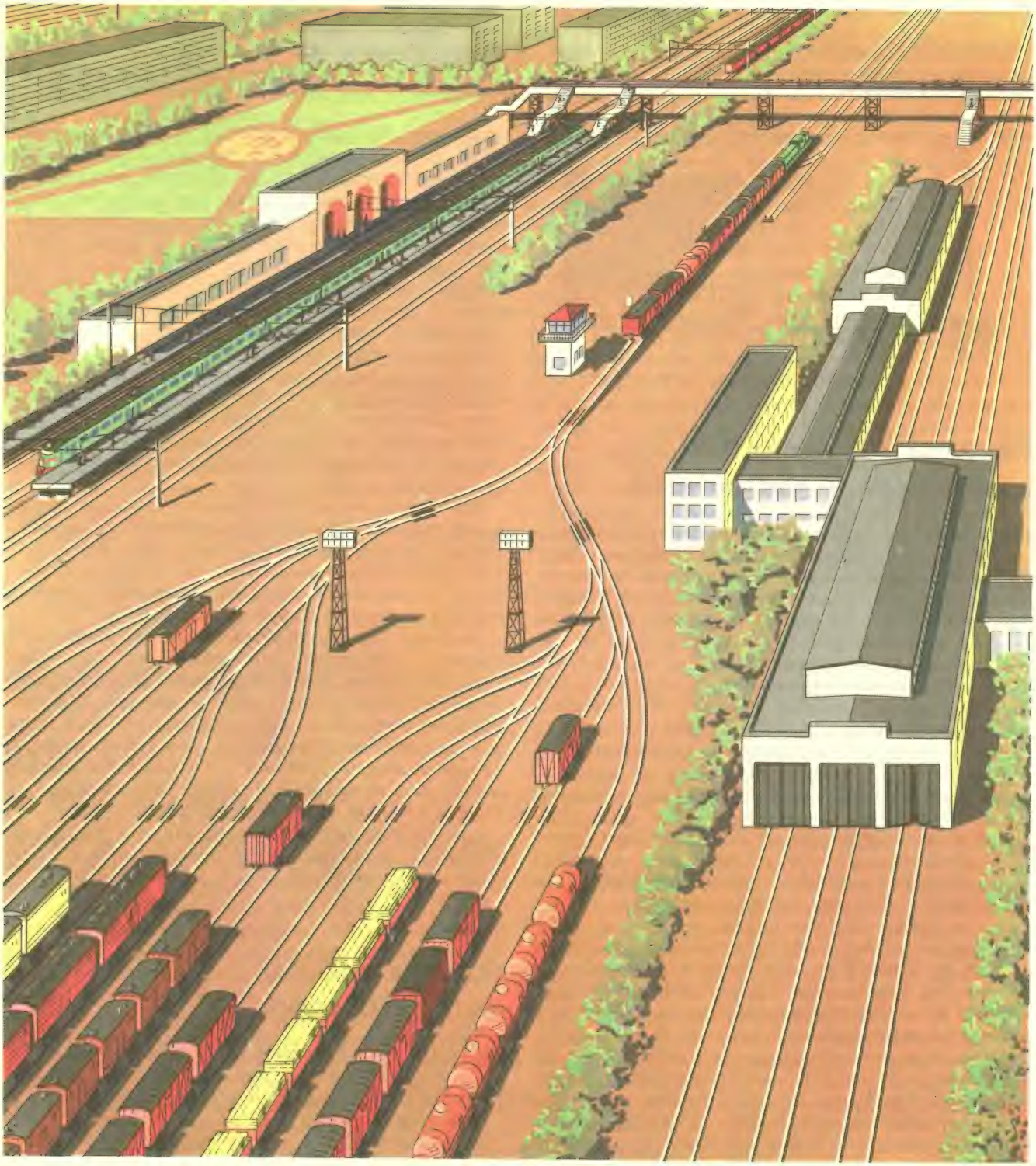
Помимо крупных станций, обычно расположенных на железнодорожных узлах, где скрещиваются железнодорожные линии разных направлений, имеется много мелких станций, называемых промежуточными, с малым количеством путей.

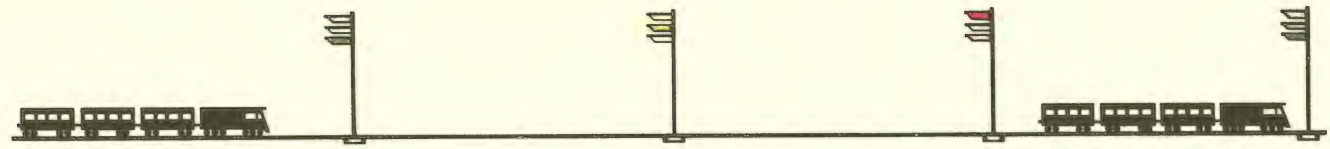
На однопутных линиях (они проложены там, где движение сравнительно небольшое) устраиваются *разъезды*, на которых поезда одного направления ожидают прибытия встречных поездов.

Станции отделяются друг от друга *перегонами*. На перегоне однопутной линии может находиться только один поезд, а на перегоне двухпутной линии — два. Поезд можно выпустить с данной станции на перегон только тогда, когда предыдущий поезд придет на следующую станцию. После того как получено извещение о прибытии, можно поднять на данной станции крыло выходного семафора — путь свободен, поезд можно отправлять.

Чтобы пропустить больше поездов и обеспечить безопасность движения, на железнодорожной линии применяют *автоматическую блокировку*.

Схема узловой железнодорожной станции: *слева* — здание вокзала и пассажирская платформа; *в середине* — сортировочная горка; *справа* — вагонное депо; *внизу на переднем плане* — сортировочный парк.





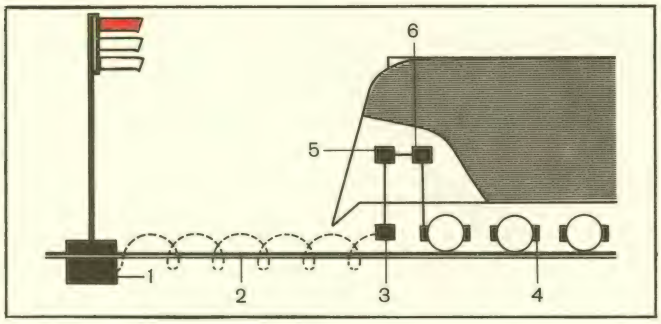


Схема автоблокировки. *Внизу:* схема автостопа. Огонь светофора, расположенного на пути, повторяется на светофорчике в кабине машиниста. И если машинист при красном свете почему-либо не затормозит, в действие вступит автостоп: *1* — релейный шкаф; *2* — рельс; *3* — приемная катушка; *4* — тормоз; *5* — усилитель и дешифратор; *6* — электропневматический клапан автостопа.

Автоматика помогает машинисту и диспетчеру

При *автоматической блокировке* перегон между станциями разделяют светофорами на несколько блок-участков. Рельсы соседних блок-участков изолированы друг от друга прокладками. По рельсам каждого участка пропускается слабый ток. Поезд, вступив на участок, замыкает цепь, в результате чего на светофоре зеленый свет переключается на красный. После освобождения поездом этого участка рельсовая цепь размыкается, первый светофор переключается с красного света на желтый, а второй — с зеленого на красный. После того как поезд освобождает второй блок-участок, желтый свет на первом светофоре заменяется зеленым, а на втором красный заменяется желтым.

Еще более совершенное устройство — *автоматическая локомотивная сигнализация*, при которой в будке машиниста устанавливается светофорчик, повторяющий показания путевых сигналов. Обычно при этом локомотив оборудуется и *автостопом*, включающим *автотормоз* и останавливающим поезд перед закрытым светофором, если машинист почему-либо не смог сам этого сделать. При автоматической блокировке по железной дороге можно пропустить значительно большее количество поездов. А это позволяет увеличить перевозки, снизить их себестоимость.

Все шире применяется *диспетчерская централизация*, помогающая диспетчеру руководить движением поездов на участке длиной 200—250 км. Перед диспетчером — световое табло, на котором нанесены схемы всех перегонов и станций участка. Диспетчер видит по этому табло, где находятся поезда, следующие по участку, видит, как лучше использовать свободные пути на станциях, свободные перегоны, чтобы быстрее пропустить поезда. Передвигая рукоятки на табло и нажимая кнопки, диспетчер переводит стрелки на станциях, дает сигналы отправления поезда, принимает и отправляет поезда. Подобные же табло с нанесенными путями применяются и для управления стрелками и сигналами на станциях. Чтобы пропустить поезд через станцию, достаточно нажать на табло две кнопки в начале и конце схемы маршрута (в пределах станции), и все стрелки, входящие в маршрут, автоматически переводятся. При этом занятые вагонами пути автоматически исключаются из маршрута и стрелки переводятся только на свободные пути.

Все шире используется *радио* для связи диспетчера с машинистом локомотива на перегоне, маневрового диспетчера с маневровым локомотивом. Все в больших масштабах применяется на станциях *телевидение*, позволяющее ускорить и упростить руководство сортировочной и грузовой работой.

Большой интерес представляет электронное управляющее устройство — *автомашинист*. Он может управлять локомотивом по заданному графику, причем машинисту остается только наблюдать за работой этого устройства. Автомашинист уже был испытан на одной из пригородных линий и на метрополитене и при дальнейшем его усовершенствовании может дать значительный эффект, в особенности на линиях с частым движением поездов.

Автоматизация применяется также в разработке и решении различных задач планирования и оперативного регулирования работы железных дорог.

График работы железных дорог

Железная дорога работает непрерывно, круглые сутки. Днем и ночью идут поезда, уезжают и приезжают пассажиры, нагружают и выгружают вагоны.

Движение поездов на железных дорогах совершается по графику и расписанию. *График движения*

поездов определяет порядок работы всех отраслей железнодорожного хозяйства. С ним согласован график оборота локомотивов, от него зависит и работа станций по погрузке, выгрузке, формированию и расформированию поездов. За время между двумя поездами рабочие ремонтируют путь.

График движения поездов по одной дороге нельзя составлять оторванно от графика движения поездов по другой дороге. Они должны быть согласованы, так как поезда переходят с дороги на дорогу.

Если мы посмотрим на график движения поездов по какому-нибудь участку железной дороги, то увидим, что это большой лист бумаги, на котором нанесена сетка горизонтальных и вертикальных линий. Горизонтальные линии обозначают станции, а вертикальные — часы суток (жирные) и десятиминутки (тонкие). Движение поездов обозначается в виде наклонных линий. Линии, проведенные наискось сверху вниз и вправо, показывают движение поездов от станций, отмеченных вверху графика, до станций, указанных внизу. Линии, проведенные наискось снизу вверх и вправо, показывают движение поездов в обратном направлении. Чем круче наклон линий, тем выше скорость.

Одновременно с графиком движения поездов составляют расписание движения, содержащее время отправления и прибытия поездов ко всем станциям, на которых они делают остановки.

За выполнением графика движения поездов следят диспетчеры. Они имеют телефонную связь со всеми станциями своего участка по селектору, с помощью которого диспетчер может непосредственно связаться с любой станцией и депо своего участка. Диспетчеру сообщают о времени прохождения поездов через станции. На основе этих сведений на сетку графика наносят линии, изображающие движение фактически проследовавших поездов.

Диспетчер не просто регистрирует, он командир движения. Видя по графику, где находятся и как продвигаются поезда по его участку, диспетчер дает по телефону станциям приказ пропустить поезд быстрее, если он опаздывает; указывает, какой поезд, быть может, должен уступить место следующему за ним; как лучше использовать пути на станциях. И все это для того, чтобы выполнялось расписание, чтобы все отклонения от него были наименьшими, чтобы график движения в целом выполнялся как можно точнее.

Для составления графика движения поездов и расписания применяют электронные вычислительные машины, с помощью которых быстро вычисляется наилучший, оптимальный вариант.

Водный транспорт

Суда

От плота до атомохода

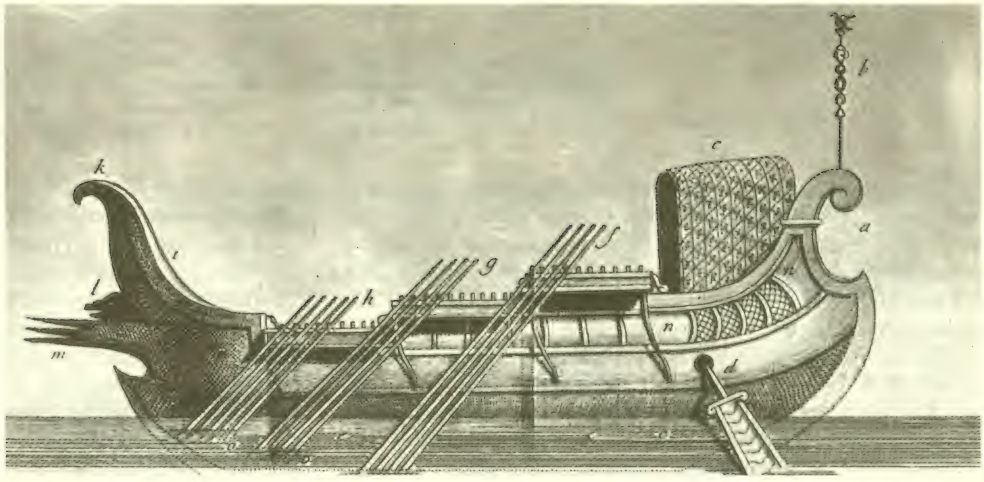
Обломки деревьев были, возможно, первыми средствами передвижения людей по воде. Потом научились связывать несколько бревен или пучки сухого тростника или папируса в *плот*. Плот был гораздо удобнее — он не переворачивался в воде, как одиночное бревно. До сих пор плот с парусом служит жителям Малайского архипелага и других островов Индийского и Тихого океанов.

Несомненно, что в древнем мире плот играл важную роль, и наши предки плавали на плотах не только по рекам и озерам, но и в океане. Так, вероятно, происходило расселение народов. Это блестяще доказал норвежский ученый и путешественник Тур Хейердал, который приплыл из Южной Америки на остров Пасхи на знаменитом теперь плоту «Кон-Тики», а затем на плоту «Ра» с небольшой командой пересек Атлантический океан. Плот «Кон-Тики» был построен из бальзового дерева, а плот «Ра» — из связок папируса — так, как они строились в прежние времена: без единого гвоздя и болта!

Еще древние люди догадались выдолбить в бревне углубление, в котором мог бы поместиться человек. Так появился *челн*. Челн легче и маневреннее плота, а это очень важно для плавания по рекам. Одноместные и многоместные челны-однодеревки, обтесанные снаружи и выдолбленные или выжженные изнутри, делали еще в каменном веке в разных местах земли, а кое-где их изготовляют до сих пор.

Жители древней Месопотамии плавали на надутых *кожаных бурдюках* и в *плетеных корзинах*, залитых смолой или обтянутых кожей. Этот способ изготовления примитивных судов знали и в Европе. Обтянутый корой или кожей морского зверя каркас служил для плавания по рекам и морям жителям севера Азии и Америки. А в древнем Египте 5000 лет назад

Римская гребная галера.
Со старинной гравюры по рисунку с колонны римского императора Траяна.



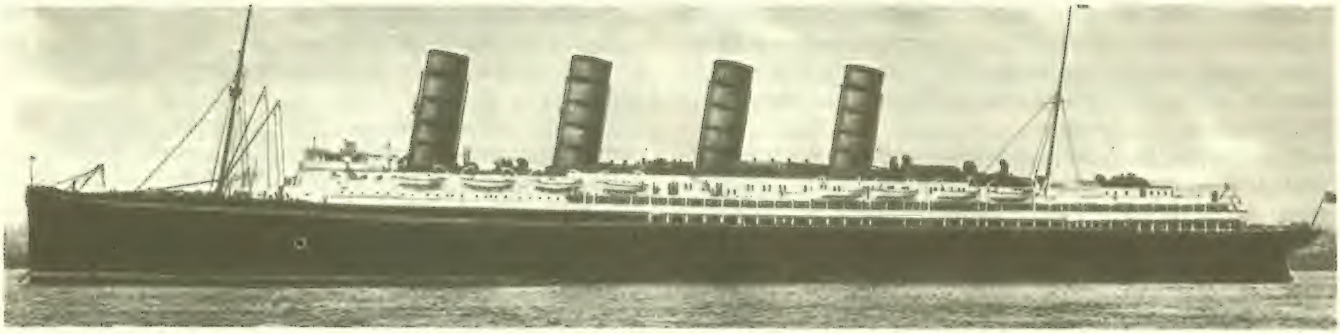
Голландский 52-пушечный корабль (1639 г.).

Чайный клипер.
В начале XX в. парусные суда были вытеснены паровыми судами.

Колесный трансатлантический пароход «Персия» с железным корпусом.

Английский трансатлантический лайнер «Лузитания» (1907 г.) на 2200 пассажиров. В 1915 г. потоплен немецкой подводной лодкой.

Внизу: французский трансатлантический лайнер «Нормандия» с главными двигателями мощностью 118 000 кВт. В 1937 г. пересек океан со скоростью 57,8 км/ч. Корабль сгорел и затонул в порту Нью-Йорка в 1942 г.



суда изготовляли из многих скрепленных друг с другом и проконопаченных снаружи по пазам и стыкам кусков дерева. Способ постройки судов из отдельных частей — каркаса и обшивки — привел к увеличению размеров и улучшению мореходности судов.

Первоначально челны, плоты передвигались по течению с помощью шестов и весел. Потом человек научился использовать для движения судов силу ветра — появились *паруса*. Примерно за 3000 лет до н. э. парус появился в Средиземном море. Парус знали древние китайцы и жители островов Индийского и Тихого океанов.

Суда с примитивным парусом могли идти только по ветру, управление было трудным, сильный шквал нередко опрокидывал такое судно. И поэтому еще долго строились крупные гребные суда — древнегреческие и римские *униремы, биремы* и *триремы* (с одним, двумя и тремя рядами весел по высоте), венецианские *галеры,* казацкие *чайки*. Многие из них имели еще и вспомогательный парус. Большие гребные суда — *военные галеры* — строили еще в начале XVIII в.

К этому времени парусное вооружение судов значительно усложнилось, а искусство управления парусами достигло такого уровня, что парусники смогли ходить не только при попутном ветре, но и навстречу ему.

В XIX в. самыми быстроходными парусниками были трех- и четырехмачтовые *клиперы*. Они перевозили высокоценные грузы (чай из Китая, шерсть из Австралии) в Европу и Америку со скоростью до 30 км/ч. Рекорд скорости, поставленный чайным клипером «Катти Сарк»,— 39 км/ч — не побит до сих пор ни одним из парусных судов, даже специальными гоночными яхтами.

С появлением на судах *паровых машин* паруса постепенно теряют свое значение, хотя морские пароходы еще долго оснащались вспомогательными парусами. Первый речной *пароход* «Клермонт» был построен в США в 1807 г. по проекту Роберта Фултона, а первый морской появился в России в 1815 г. На «Елизавете» — так называлось это судно — была установлена паровая поршневая машина мощностью 10 кВт. Судовой паровой котел с высокой трубой топили дровами.

В 1903 г. на Волге построили первое в мире *дизельное* судно — танкер «Вандал». С этих пор начинается широкое распространение *теплоходов* (так называют суда, у которых главным двигателем служит двигатель внутреннего сгорания) и постепенное вытеснение малоэкономичных паровых поршневых машин, они теперь на судах почти не встречаются.

В 1894 г. было построено первое судно с *паровой турбиной* в качестве главного двигателя. Сейчас турбина — самый мощный судовой двигатель. На многих судах работают паровые турбины мощностью в несколько десятков и даже сотен тысяч киловатт.

В последнее время для выработки пара стали использовать тепло, выделяемое в *атомном реакторе*. Такие установки появились сначала на военных кораблях. Первое гражданское судно на ядерном топливе — советский атомный ледокол «Ленин» — работает в Арктике с 1959 г.

Из чего строят суда

Древнейший судостроительный материал — *дерево* применяется и теперь при изготовлении корпусов мелких судов, отдельных деталей оборудования и для внутренней отделки.

В конце XVIII — начале XIX в. стали применять материал более прочный и долговечный — *железо* (железным корпусам немногих сохранившихся до наших дней судов уже больше 100 лет!), а затем еще более прочный — *сталь*.

Первоначально детали стальных конструкций соединяли друг с другом с помощью заклепок. Настоящую революцию в судостроении произвела электросварка — повысилась прочность корпусов, снизились затраты металла, ускорилось изготовление судовых конструкций. Сейчас суда собирают из больших секций-блоков, массой в несколько десятков и сотен тонн, сваренных в цехе с помощью сварочных автоматов и полуавтоматов.

Но сталь не единственный современный судостроительный материал. Еще во время первой мировой войны строились *железобетонные* суда, недавно появились небольшие суда с корпусами из *армоцемента*. Корпуса многих малых судов и палубные надстройки крупных судов изготовлены из легких *алюминиевых* сплавов.

Самый молодой судостроительный материал, легкий, красивый, не ржавеющий,— *пластмасса*. Судовые конструкции обычно изготовляют из затвердевающих синтетических смол, армированных волокнами (стеклотканью и т. п.). Для отделки судовых помещений используют цветные декоративные листы из негорючих пластмасс.

Легкость пластмассовых корпусов, простота ухода за ними и довольно высокая прочность позволяют ожидать, что в судостроении будущего пластмассы найдут широкое распространение.

Как устроено судно

Судно — это сложное инженерное сооружение, способное передвигаться *по воде* (обычные надводные суда), *под водой* (подводные суда) и *над водой* (суда на подводных крыльях и на воздушной подушке).

Самоходное судно состоит из *корпуса, главного двигателя,* который приводит судно в движение с помощью *движителя* (винта, колес), и различных устройств, обеспечивающих безопасность плавания и соответствующих назначению судна. *Несамоходное судно* не имеет главного двигателя и движителя и передвигается только с помощью буксира.

Суда имеют специфические особенности, связанные с их способностью плавать,— их называют *мореходными качествами:* плавучесть, непотопляемость, остойчивость, плавность качки, ходкость, управляемость и др. Для улучшения мореходных качеств иногда применяют постоянный или водяной *балласт*.

Важнейшее качество всякого судна — *плавучесть,* т. е. способность держаться на воде. Объем надводной части корпуса характеризует запас плавучести.

Корпус современного судна делится поперечными непроницаемыми переборками на отсеки. Переборки не позволяют в случае подводной пробоины затопить все подпалубные помещения. Способность судна плавать при подводной пробоине и не опрокидываться называют *непотопляемостью*.

Остойчивость — это способность судна возвращаться в первоначальное положение после прекращения действия силы, вызвавшей наклонение судна. Подобное свойство все мы наблюдали у игрушки ваньки-встаньки. При недостаточной остойчивости судно может перевернуться, при избытке испытывает неприятную для экипажа порывистую качку, которая, кроме того, вредна для работы судовых механизмов и приборов. Остойчивость может быть потеряна при повреждении корпуса и затоплении отсеков судна или при неправильной загрузке судна.

Ходкость судна зависит в первую очередь от формы корпуса, а также от эффективности движителя и от того, насколько сильно судно заливает при волнении. С повышением скорости сопротивление резко возрастает. Например, при повышении скорости в 2 раза сопротивление может увеличиться в 8—10 раз и даже больше. В этом причина сравнительной тихоходности судов.

Под *управляемостью* понимают способность судна слушаться руля и держаться на курсе, не уклоняясь от него.

Размеры судна характеризуются прежде всего его *водоизмещением* — массой воды, вытесняемой судном. Другая важная характеристика размеров судна — *вместимость* (объем внутренних помещений), выражаемая в регистровых тоннах (регистровая тонна равна 100 кубическим футам, или 2,83 м^3). Грузовые суда характеризуются также *грузоподъемностью* (массой принимаемого на борт груза) и *грузовместимостью* (объемом всех помещений для груза).

Линейные размеры судна выражаются *главными размерениями* — это длина судна, его ширина, высота борта (расстояние от киля до главной палубы) и осадка (расстояние от самой нижней части корпуса до поверхности воды).

Корпус стального судна состоит как бы из скелета (его называют *набором*), к которому прикрепляются стальные листы, образующие *наружную обшивку,* а также *палубы, переборки* и др. Листы наружной обшивки изгибают так, чтобы очертания корпуса были плавными и не возникало большое сопротивление движению.

Каждая часть корпуса имеет свое название: вертикальный набор по борту — *шпангоуты*, горизонтальный поперечный набор по днищу — *флоры*, по палубам — *бимсы*. Вдоль всего судна в центральной части днища идет прочная балка — *киль*, который в носу судна переходит в *форштевень*, в корме — в *ахтерштевень*. Боковые продольные балки по днищу — *днищевые стрингеры*, или *кильсоны*, по борту — *бортовые стрингеры*, по палубам — *карлингсы* (см. рис. на стр. 384—385).

На крупных судах устраивают *двойное дно* (суда некоторых типов имеют и двойные борта). Кроме поперечных иногда устанавливают и продольные переборки (на танкерах, рудовозах). У большинства пассажирских и многих грузовых судов несколько палуб. Над верхней палубой возвышаются *надстройки:* спереди — *бак*, сзади — *ют*, а в середине — *средняя надстройка*. Надстройки, не доходящие до борта, называют рубками.

В верхней части одной из надстроек находится *ходовая рубка*. Отсюда управляют движением судна. Ниже находятся каюты для экипажа и пассажиров, столовые, комнаты отдыха, камбуз (судовая кухня), лазарет, прачечная, кладовые и другие вспомогательные помещения. Подпалубные пространства между поперечными переборками *(трюмы)* и междупалубные помещения *(твиндеки)* используют для размещения груза. Главные двигатели и другие механизмы располагаются в отдельном отсеке — *машинном отделении*. Запасы жидкого топлива и пресной воды хранятся в цистернах, называемых *танками*.

Для изменения курса судна на ходу служит *рулевое устройство*, стоянку в море на мелком месте обеспечивает *якорное устройство*, а у причала — *швартовное*. Каждое судно снабжено *спасательным устройством*, включающим шлюпки и плоты.

Накапливающуюся в судовых помещениях воду удаляют по *осушительному трубопроводу*. Специальные насосы служат для приема и выкачки водяного балласта, приведения в действие водяной противопожарной системы, подачи топлива к главному двигателю, воды для его охлаждения и т. д. Каюты, общественные и служебные помещения обслуживаются установками искусственного климата, системами вентиляции, отопления. По отдельным трубам удаляется использованная вода *(сточная* и *фановая системы)*. Вспомогательная энергетическая установка, независимая от главного двигателя, обеспечивает электроэнергией судовые системы и устройства, приборы связи и управления судном.

На современных судах работа главного двигателя, судовой электростанции и котельной установки автоматизируется. Управление ими осуществляется с центрального поста в машинном отделении или из ходовой рубки, наблюдают за их работой по приборам дистанционного контроля.

На военных кораблях устанавливаются вооружение и специальные устройства (например, для сбрасывания мин, запуска ракет, постановки дымовых завес), имеются на них погреба для боезапаса, места для размещения самолетов, вертолетов.

Специфичны некоторые устройства промысловых судов — ловецкие приспособления и оборудование для переработки добычи.

Одна из основных частей судна — *движитель* (см. ст. «Узлы и детали машин»). Простейший движитель — это *весло*, требующее приложения мускульной силы. Более прогрессивным движителем был *парус*, использующий энергию ветра. Первым движителем, преобразующим работу механического двигателя в движение судна, было *гребное колесо*. Но если на реке, где вода сравнительно спокойная, гребные колеса применялись вплоть до последнего времени, то на море, при сильном волнении, они оказались малопригодными. *Гребной винт*, пришедший на смену гребному колесу, сейчас устанавливают почти на всех самоходных судах, морских и речных. Гребной винт, у которого лопасти поворачиваются вокруг собственной оси, может двигать судно не только вперед, но и назад, при этом направление вращения главного двигателя менять не надо.

Некоторыми ценными качествами обладают движители других типов. Например, наиболее удобен для судов, плавающих по мелководью, *водометный движитель*. Это насос, создающий струю, сила отдачи которой и движет судно. А *крыльчатый движитель* — расположенный на днище горизонтальный диск с вертикальными лопатками — позволяет судну двигаться не только вперед и назад, но и вбок: для этого надо только повернуть лопатки вокруг своей оси.

Водить суда помогают разнообразные приборы и аппаратура (см. ст. «Техника помогает судоводителям»).

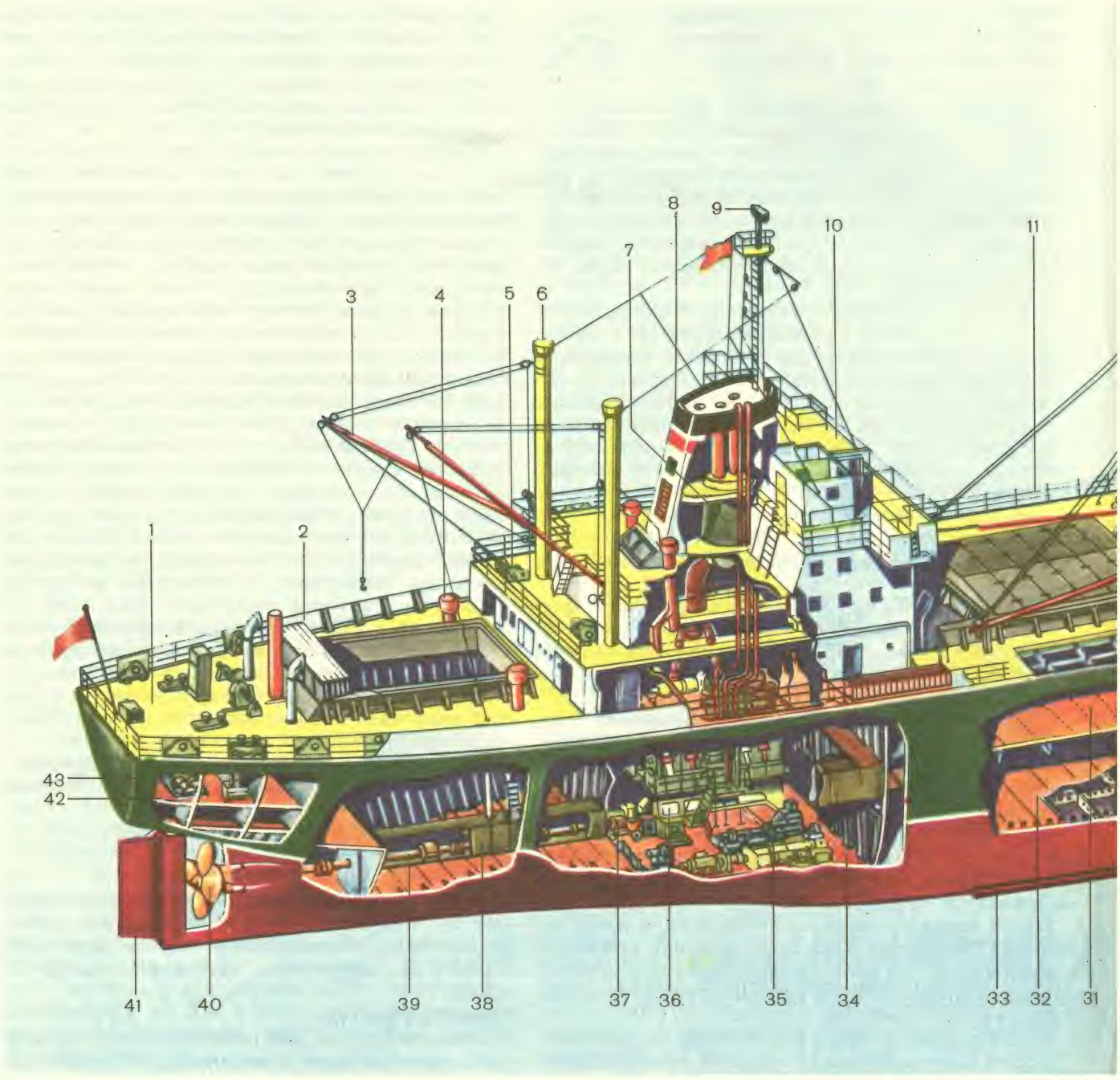
Какие бывают суда

По назначению все суда можно разделить на 4 основные группы: *транспортные, промысловые, военные* и различные *вспомогательные* (в том числе обслуживающие, спортивные, научно-исследовательские и др.).

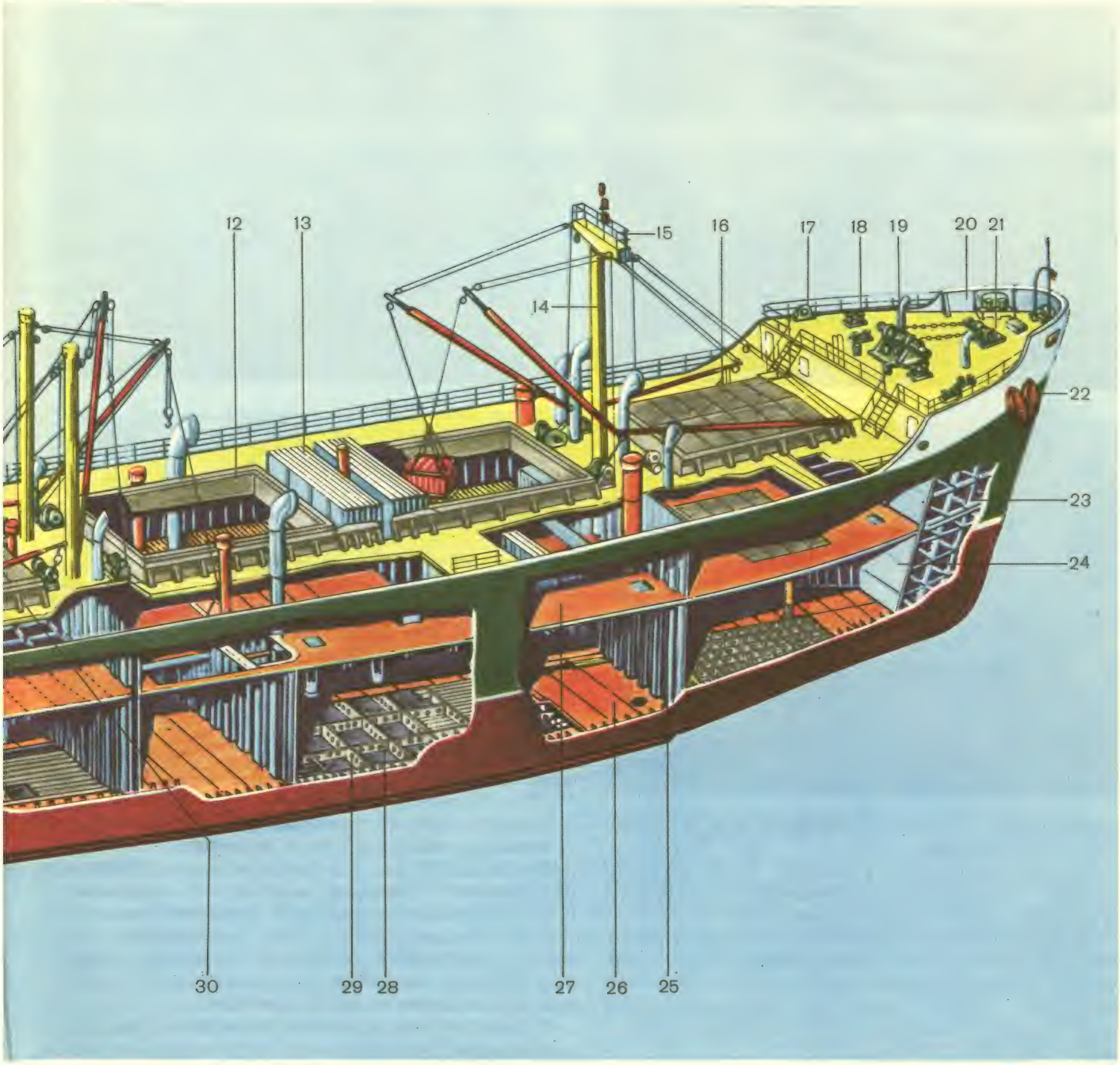
Транспортные суда

Транспортные суда, как показывает само их название, перевозят грузы и пассажиров. 97% всех судов

Разрез морского сухогрузного судна: *1* — верхняя палуба; *2* — фальшборт; *3* — грузовая стрела; *4* — вентиляционная головка; *5* — грузовая лебедка; *6* — грузовая колонна; *7* — утилизационный котел; *8* — дымовая труба; *9* — антенна радиолокационной станции; *10* — рулевая рубка; *11* — леерное ограждение; *12* — комингс грузового люка; *13* — крышка грузового люка; *14* — фок-мачта; *15* — салинг; *16* — люковое закрытие; *17* — швартовный клюз; *18* — кнехт; *19* — брашпиль; *20* — козырек; *21* — стопоры якорной цепи; *22* — якорь; *23* — форпик; *24* — форпиковая переборка; *25* — поперечная



водонепроницаемая переборка; *26* — настил второго дна; *27* — вторая палуба; *28* — днищевой стрингер; *29* — флор; *30* — палубный набор; *31* — грузовой твиндек; *32* — грузовой трюм; *33* — скуловой киль; *34* — машинное отделение; *35* — дизель-генератор; *36* — главный двигатель; *37* — подшипник; *38* — коридор гребного вала; *39* — валопровод; *40* — гребной винт; *41* — руль; *42* — румпельное отделение; *43* — рулевая машина.



Сверху вниз: морской грузовой теплоход «Березовка»; лесовоз «Припятьлес»; морской паром — дизель-электроход «Советский Азербайджан».

Сверху вниз: речной грузовой катамаран «Братья Игнатовы», предназначенный для перевозки контейнеров и других палубных грузов; танкер «Искра»; контейнеровоз «Сестрорецк», вмещающий 218 контейнеров длиной по 6 м.

транспортного флота — это грузовые суда, и только 3% — пассажирские.

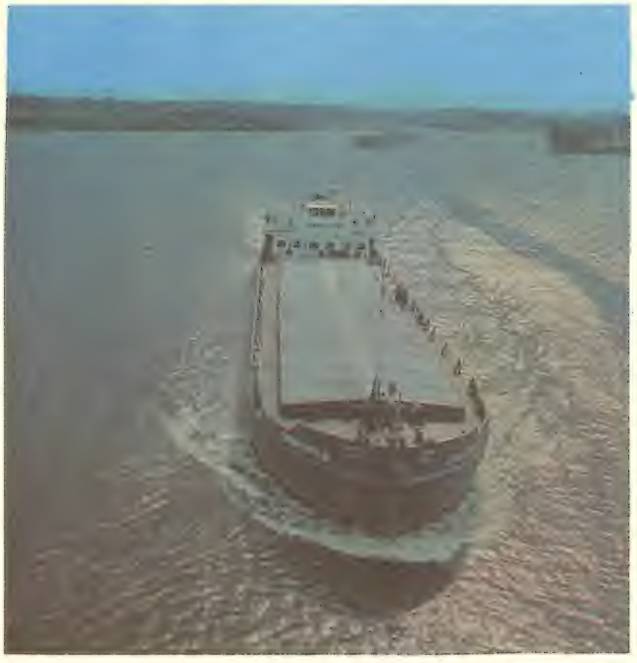
Грузовые суда можно разделить на 2 основные группы — сухогрузные и наливные, существует и смешанная группа сухогрузно-наливных судов.

Сухогрузные суда подразделяются на *универсальные* (пригодные для перевозки разнообразных сухих грузов) и приспособленные *для грузов одного или нескольких видов*, например: рефрижераторные суда, лесовозы, зерновозы, суда для навáлочных и насыпных грузов, рудовозы.

Универсальные сухогрузные суда советского флота имеют грузоподъемность от нескольких сотен тонн («Керчь») до 15 тыс. т и более (теплоход «Капитан Кушнаренко», турбоход «Ленинский комсомол» и др.). Рефрижераторные суда перевозят скоропортящиеся пищевые грузы — мясо, рыбу, фрукты, овощи — с повышенной скоростью («Чапаев», «Арагви»). Суда для перевозки леса имеют усиленные корпуса для плавания во льдах Арктики.

В последнее время строятся многочисленные суда, перевозящие грузы крупными единицами — в паке-

Речной грузовой теплоход «Семигорье».
Внизу: макет контейнеровоза-трейлеровоза «Атлантик Стар».



Буксир толкает баржу с песком.

тах *(пакетовозы)*, контейнерах *(контейнеровозы)*, автомобильных прицепах *(трейлеровозы)*, железнодорожных вагонах *(паромы)* и даже в баржах грузоподъемностью 200—700 т и более *(лихтеровозы)*. Основное преимущество таких судов — быстрая погрузка и выгрузка.

Груз в трюмы и твиндеки подается через закрываемые непроницаемыми стальными крышками большие отверстия в палубе (грузовые люки) судовыми *грузовыми устройствами* (стрелами или кранами, имеющими грузоподъемность 3—10 т, а иногда 100—200 т) или береговыми кранами. Трейлеровозы и паромы грузятся накатом через отверстия в бортах *(лацпорты)* или через кормовые ворота.

Суда для перевозки руды и других навалочных грузов *(навалочники)* — самые крупные из сухогрузных судов. Это однопалубные суда с машинным отделением в корме. Наибольший наш навалочник — теплоход «Зоя Космодемьянская» может возить железную руду, каменный уголь или зерно без тары. Его грузовые люки имеют необычно большие размеры (длина — 12,8 м, ширина — 16,8 м), удобные для

Атомный ледокол «Ленин».
Внизу: морской пассажирский теплоход «Тарас Шевченко» *(слева)*; американский трансатлантический лайнер «Юнайтед Стейтс» (1952 г.). Пересек Атлантический океан за рекордное время — 3 сут 10 ч 40 мин *(справа)*.

работы грейферов. В грузовых помещениях некоторых навалочников, когда в них нет руды, можно перевозить нефть; грузовые люки таких судов *(навалочников-танкеров)* снабжают нефтенепроницаемыми крышками. Самый большой норвежский навалочник-танкер «Хег Хилл» имеет грузоподъемность около 245 тыс. т, его длина — 326 м, ширина — 52 м, высота борта — 27,3 м, мощность главного двигателя — 24 300 кВт.

Наливные суда, или *танкеры,*— самые большие среди грузовых судов (их грузоподъемность достигает 500 тыс. т и выше), хотя и среди танкеров есть «малыши», грузоподъемностью всего в несколько сотен тонн. Например, в Северном и Дальневосточном бассейнах развозят небольшими партиями жидкое топливо танкеры типа «Баскунчак», имеющие ледовые усиления корпуса, на других бассейнах — типа «Алтай» и др. На Каспийском море работают танкеры с малой осадкой типа «Инженер А. Пустошкин».

Наибольший из построенных до сих пор советских танкеров — танкер «Крым» грузоподъемностью 150 тыс. т — имеет длину 295 м, ширину 45 м, вы-

Спортивные парусные яхты.
Внизу: речной пассажирский теплоход «Козьма Минин».

соту борта 25,4 м, осадку с грузом 17 м; его главный двигатель — паровая турбина мощностью 22 000 кВт.

В связи с опасным характером груза нефтеналивные суда оборудуют воздушно-пенными противопожарными установками, системами тушения пожаров паром и углекислым газом, системой заполнения танков инертным газом. И все-таки пожары и взрывы на танкерах, даже самых современных, еще случаются.

На специальных танкерах перевозят пищевое масло, вино, кислоты и другие жидкости. Сжиженные газы (аммиак, бутан, пропан и др.) перевозят на *газовозах* в цистернах под давлением до 1,8 МПа или при низкой температуре (например, метан при —161° С). Отечественные газовозы «Кегумс» и «Краслава» перевозят сжиженный газ при давлении 1,8 МПа в 4 сферических цистернах емкостью по 520 м^3.

Пассажирские суда

Пассажирские суда, от катеров до крупных океанских лайнеров, строятся с расчетом на особую безопасность, они имеют повышенную непотопляемость, противопожарную защиту и др. Еще одна их особенность — комфортабельность. Рейсы небольших судов длятся несколько часов, на таких судах пассажир защищен от непогоды и может отдыхать в мягком удобном кресле.

Крупные суда нередко строят специально для многосуточных морских путешествий (круизов). Здесь к услугам пассажиров спальные каюты, рестораны, музыкальные салоны, кинозалы, танцевальные и спортивные залы и площадки, камбузы, парикмахерские, поликлиники, почтовые отделения, плавательные бассейны, сады-оранжереи. Суда оснащают лифтами, эскалаторами, успокоителями качки, установками искусственного климата.

Самые большие океанские пассажирские суда имеют валовую вместимость более 50 тыс. регистровых т и принимают на борт более 2 тыс. пассажиров, их скорость — до 67 км/ч (например, английский турбоход «Куин Элизабет II», 1968 г.).

Новейшие суда советского пассажирского флота — это дизель-электроходы типа «Иван Франко» («Александр Пушкин», «Тарас Шевченко» и др.). Их длина — 176 м, ширина — 23,6 м, высота борта — 13,5 м, скорость — 37,6 км/ч. Кроме кают для 750 пассажиров, 220 членов экипажа и обслуживающего персонала на палубах имеется еще 500 мест для сидения.

Промысловые суда

Велик и разнообразен флот промысловых судов, по количеству мало уступающий транспортному флоту. Наиболее многочисленны рыбопромысловые суда *(траулеры, дрифтеры, сейнеры,* отличающиеся друг от друга способом лова). На самых крупных из них улов тут же перерабатывается, более мелкие суда отвозят его на плавучие перерабатывающие заводы — *базы,* на береговые заводы или передают на транспортные рефрижераторные суда.

Добычу китов ведут флотилии небольших *китобойцев-охотников.* На китобойце установлена пушка, стреляющая гарпуном, к которому прикреплен прочный трос. Эти суда сопровождает крупное судно — *китобаза,* где перерабатываются добытые киты и

хранится снаряжение охотников. На заводе получают китовый жир, мясо, кормовую муку, кожсырье, желатин, амбру и другие ценные для человека продукты.

Со специально оборудованных судов ведут добычу морского зверя (тюленей, моржей) или крабов, креветок, моллюсков, морских водорослей и др.

Советский промысловый флот по технической оснащенности и общему тоннажу занимает первое место в мире. В его составе эксплуатируются такие уникальные промысловые суда, как крупнейшие в мире китобойные базы «Советская Украина» и «Советская Россия», рыбоконсервные заводы типа «Андрей Захаров», сотни больших морозильных рыболовных траулеров.

За годы девятой пятилетки флот пополнился новыми промысловыми кораблями. Среди них следует назвать крупнейшую в мире рыбопромысловую базу «Восток».

В числе новых судов рыбопромыслового флота следует назвать большой морозильный траулер — рыбозавод «Меридиан» водоизмещением 5,6 тысячи тонн и большой автономный траулер «Горизонт» водоизмещением почти 8 тысяч тонн, а также двухкорпусный траулер-сейнер «Эксперимент», отлично зарекомендовавший себя в эксплуатации.

Вспомогательные суда

Вспомогательные суда обеспечивают работу морского и речного флота различного назначения. Это, в частности, *дноуглубительные* суда (землесосы, землечерпалки, грунтоотвозные шаланды и др.), прокладывающие и ремонтирующие водные пути и строящие порты. При входе в порт и выходе из него, при подходе к причалам крупным судам помогают *буксиры*. Они водят за собой на тросе или толкают, упираясь носом, несамоходные баржи, плоты.

Для продления навигации в замерзающих портах и для проводки судов во льдах служат *ледоколы*. Прообразом современных арктических ледоколов послужил знаменитый «Ермак», построенный в 1899 г. по чертежам адмирала С. О. Макарова. Это был первый в мире арктический ледокол.

Заостренный нос и наклонный форштевень позволяют ледоколу с ходу вползать на лед и ломать его своей тяжестью; поломанные льдины раздвигаются корпусом в стороны. Если лед очень толстый, то в носу судна заполняют водой специальную цистерну, что увеличивает силу, разрушающую лед. Когда воду из носовой цистерны перекачивают в кормовую цистерну, нос ледокола задирается, и он сползает со льда задним ходом, затем разгоняется и снова вползает носом на лед. Если ледокол застрял во льду, то он может освободиться, накреняясь то на один, то на другой борт при попеременном заполнении балластных бортовых цистерн.

Самый крупный и мощный в мире атомный ледокол «Ленин» имеет длину 134 м, ширину 27,6 м, водоизмещение 16 000 т. Общая мощность 4 главных паровых турбин — 32 400 кВт, скорость хода на воде, свободной от льда,— 33,3 км/ч.

Корпус способен выдержать арктические ледовые сжатия.

Тепло ядерных реакторов ледокола используется для получения пара, который поступает в турбины, приводящие в движение электрогенераторы. Ток от главных генераторов направляется к электродвигателям, которые вращают 3 гребных винта (2 бортовых и 1 средний). Средний электродвигатель (его мощность — 14 400 кВт, масса — 180 т) вращает вал диаметром 74 см, на который насажен 30-тонный гребной винт.

Энергетическая установка с обслуживающими ее механизмами работает автоматически. Для управления и контроля за ее работой оборудованы 2 поста — основной и резервный, где сосредоточено множество приборов. Толстый слой воды, стальные плиты и бетон надежно защищают обслуживающий персонал от радиации.

На судне нет больших топливных бункеров: обычное жидкое топливо расходуется только на стоянках при ремонте и перезарядке реакторов. Расход ядерного горючего настолько незначителен (несколько граммов в сутки), что запаса урана в реакторе хватает на много месяцев работы. А при сжигании в топках котлов мазута его потребовалось бы более 200 т в сутки!

В настоящее время проектируются и строятся еще более крупные арктические ледоколы — мощностью 55 000—73 500 кВт.

Аварийную службу на воде несут *пожарные* и *спасательные* суда. Ремонтируют суда с помощью *плавучих доков*, поднимающих судно целиком над поверхностью воды, *плавучих кранов* и *мастерских*. Изучать моря и океаны, животный и растительный подводный мир ученым помогают специально оборудованные *гидрографические* и *научно-исследовательские суда* (см. ст. «Техника помогает изучать подводный мир»). Стоят на якорях *плавучие маяки, радиостанции, дебаркадеры* (плавучие пристани).

Суда обслуживают также добывающую промышленность, строительство, связь и другие отрасли народного хозяйства и не только перевозкой необходимых грузов. Так, *плавучие драги* моют золото, *землесосы* добывают песок и намывают плотины. *Суда-кабелеукладчики* прокладывают кабели телеграфной и телефонной связи по дну морей и океанов. Европу

Противолодочный корабль «Стерегущий».

Вертолеты садятся на палубу противолодочного крейсера.

и Америку связывает уже не один десяток подводных кабелей. С *плавучих буровых платформ* ведут разведку подводных месторождений нефти и газа и их добычу. На реках работают лесосплавные суда и суда многих других «специальностей».

Велик флот *спортивных судов* — тренировочных, гоночных и прогулочно-туристских, гребных, парусных и моторных. Большинство из них плавают вблизи берегов в защищенных от волнений местах, но многие способны пересекать моря и океаны, например парусные и парусно-моторные яхты. Максимум скорости на воде — 527,8 км/ч — достигнут англичанином Д. Кемпбеллом на глиссирующем катере «Синяя птица» с реактивным двигателем. Эта скорость была показана в 1967 г. в заезде, во время которого судно погибло вместе с гонщиком.

Наряду со спортивными судами помогают людям заниматься водным спортом плавучие дачи, дома отдыха, санатории. При необходимости их можно отбуксировать в другое место.

Военные корабли

Военные корабли предназначаются для ведения боевых действий на море, реках и озерах, для поиска и уничтожения судов противника, высадки десантов, охраны побережья и транспортных судов.

Специальные суда для военных целей начали строить в IX—VIII вв. до н. э. До этого суда служили в равной степени как для торговли, так и для военных походов.

Русский военно-морской флот ведет начало от эпохи Петра I. В то время строились *парусные линейные корабли, фрегаты, гребные галеры.* По современным понятиям это были небольшие (длиной до 50 м и шириной до 14 м) деревянные корабли, вооруженные заряжающимися с дула пушками (до 90 пушек на линейном корабле).

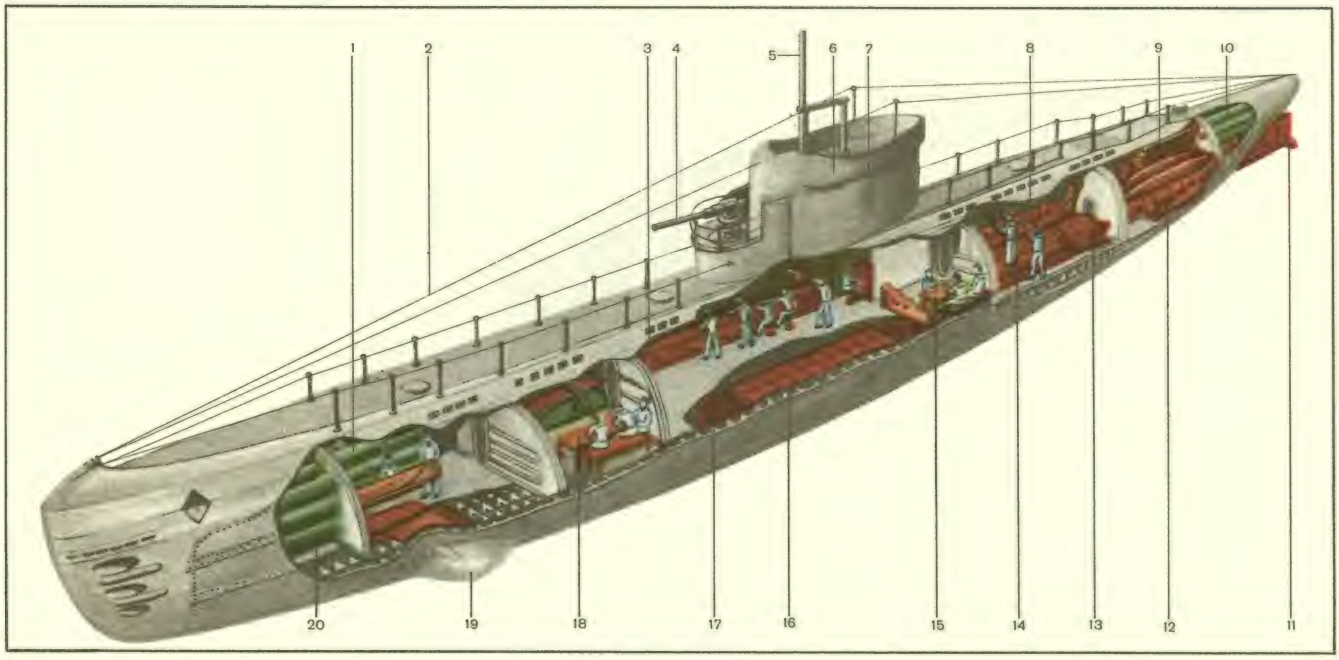
Деревянный парусный военный флот постепенно заменили *броненосцы, крейсеры, эскадренные миноносцы, подводные лодки* со стальными корпусами, паровыми машинами и турбинами, дизель-электрическими энергетическими установками. Быстро росли размеры кораблей, насыщенность их техникой и вооружением.

На смену броненосцам в начале XX в. пришли *дредноуты — линейные корабли* с бортовой броней до 450 мм и палубной до 300 мм толщиной. Их орудия имели калибр 356—406 мм. После первой мировой войны появились *авианосцы.*

В последнее время артиллерию заменяет и дополняет ракетное оружие. Появились *ракетные крейсеры, ракетные корабли* и *ракетные катера.*

Усложнившаяся борьба на море и развитие подводных лодок вызвали появление новых классов надводных противолодочных кораблей с вертолетами на борту. Гидролокационные станции кораблей обнаруживают подводную лодку на больших расстояниях. Появились военные корабли на воздушной подушке и подводных крыльях.

Разрез подводной лодки: *1* — запасные торпеды; *2* — радиоантенна; *3* — центральный пост; *4* — скорострельное орудие; *5* — перископ; *6* — мостик; *7* — боевая рубка; *8* — двигатели внутреннего сгорания; *9* — запасные торпеды; *10* — кормовой торпедный аппарат; *11* — винты; *12* — электродвигатели; *13* — муфта сцепления; *14* — машинное отделение; *15* — кают-компания; *16* — аккумуляторные батареи; *17* — баллоны с сжатым воздухом; *18* — помещение для команды (кубрик); *19* — носовой горизонтальный руль; *20* — носовые торпедные аппараты.



Энергию для приведения в действие вооружения и технических средств вырабатывают корабельные электростанции. Мощность такой станции на боевом корабле средней величины достаточна для освещения крупного города со стотысячным населением. Современный боевой корабль по своему оснащению похож на научно-исследовательскую лабораторию с электронными вычислительными машинами, телевизионной техникой и автоматикой.

Подводные лодки — это боевые корабли, которые способны плавать на поверхности воды и под водой и могут наносить скрытные удары ракетами и торпедами. Лодками же их называют по традиции, так как современные подводные корабли — крупные суда, они буквально «нафарширована» сложнейшими приборами и механизмами.

Чем же отличается подводная лодка от обычных кораблей? Ее герметичный корпус, круглый в поперечном сечении, обладает необходимой прочностью, чтобы выдержать громадное давление на большой глубине. Для снижения сопротивления движению корпусу придают обтекаемую форму, как у морских животных и рыб.

Заполняя балластные цистерны водой, можно заставить лодку погрузиться, а вытесняя воду сжатым воздухом — всплыть. Поддержание равновесия достигается очень точным «дозированием» объема балластной воды. Вертикальное маневрирование подводного корабля на ходу осуществляют с помощью рулей глубины. Это две пары горизонтальных «крыльев», расположенных у носа и кормы. Поворачивая их, можно заставить встречный поток воды поднять нос лодки и опустить корму или наоборот. Горизонтальный поворот подлодки осуществляется поворотом вертикального руля.

Управление подводной лодкой — ее ходом, погружением, всплытием — производят из центрального поста, расположенного в одном из отсеков. Здесь же сосредоточена аппаратура связи и наблюдения. Выдвижной перископ позволяет наблюдать за поверхностью моря из подводного положения.

Подводные лодки существуют довольно давно. В России первый боевой подводный корабль построил в 1724 г. изобретатель-самоучка **Ефим Никонов**. Но в военных действиях, правда не вполне удачно, впервые в истории участвовала подлодка «Черепаха», созданная американцем **Давидом Бушнеллом** в 1776 г. «Двигателем» этой лодки был вращавший винт человек. Затем появились подводные корабли с пневматическими и бензиновыми двигателями.

Но только применение дизелей с электрогенераторами и аккумуляторов электроэнергии положило начало бурному развитию подводного флота.

Двигатели, работающие на ядерном топливе, превратили подводные лодки в подлинно подводные корабли, так как они позволили значительно увеличить время нахождения подлодок под водой и сде-

Подводная лодка.

лать практически неограниченной дальность их плавания. Подлодки вооружают торпедами, минами и ракетами дальнего действия, которые можно запускать из-под воды. Значительно возросла скорость подводных лодок, она часто превышает под водой скорость курьерского поезда. Все это наряду с хорошей защищенностью значительно расширило боевые возможности подводных лодок и сделало их главной ударной силой современного военно-морского флота.

Суда на подводных крыльях

Многие из вас видели «летящие» над поверхностью воды суда с белоснежным обтекаемым корпусом, обгоняющие неторопливые буксиры с баржами, многопалубные громады пассажирских теплоходов и разные другие суда. Это быстроходные пассажирские суда на подводных крыльях.

Первый в СССР 66-местный пассажирский речной теплоход на подводных крыльях «Ракета» вступил в эксплуатацию в 1957 г. Его спроектировали и построили в г. Горьком на заводе «Красное Сормово». С тех пор на речные просторы СССР и многих зарубежных стран вышла не одна сотня родных сестер «Ракеты». С каждым годом на голубых дорогах нашей Родины появляются все новые серии судов на подводных крыльях — прогулочные катера «Волга», речные и озерные суда «Метеор», «Спутник», «Чайка», «Беларусь», «Буревестник», морские суда «Стрела», «Комета», «Вихрь» и др. Водоизмещение самых крупных судов на подводных крыльях достигает 120 т, а скорость наиболее быстроходных уже превышает 100 км/ч.

Каков же принцип движения судна на подводных крыльях?

Когда оно стоит на месте, его корпус удерживается на воде силами плавучести, как у обычного судна. Но вот оно отошло от причала, набрало скорость, и его корпус поднялся над водой. Под водой находятся лишь крылья. Дело в том, что при движении погруженных в воду крыльев на их верхней поверхности, как на крыльях самолета, создается разрежение, а на нижней поверхности — повышенное давление. В результате возникает подъемная сила, величина которой зависит от скорости движения, от площади крыла и угла его наклона (угла атаки).

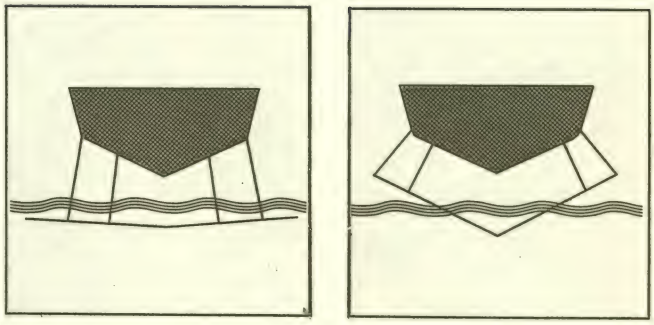
По мере повышения скорости движения подъемная сила крыльев возрастает. При некоторой скорости она становится равной весу судна, и тогда корпус полностью выходит из воды. При этом сопротивление воды резко уменьшается, и судно достигает высоких скоростей движения.

Для устойчивого движения судна после выхода на крылья необходимо, чтобы подъемная сила была равна весу судна при различных скоростях движения. Это достигается автоматическим изменением угла атаки крыльев с помощью системы управления *(управляемые крылья)* или самопроизвольным изменением подъемной силы крыльев при изменении глубины их погружения под поверхностью воды *(неподвижно закрепленные крылья)*. Неподвижно закрепленные крылья могут находиться на малой глубине под поверхностью воды *(малопогруженные крылья)* или пересекать поверхность воды.

При движении малопогруженных крыльев и подъеме корпуса над водой по мере уменьшения толщины слоя воды над крыльями разрежение на их верхней поверхности и подъемная сила уменьшаются. В результате устанавливается такое погружение крыльев, при котором подъемная сила равна весу судна.

Морское судно на подводных крыльях «Вихрь».

Два типа крыльев: малопогруженные крылья *(слева)*; V-образные крылья *(справа)*.



При крене судна на ту часть крыла, которая ближе подходит к поверхности воды, действует меньшая подъемная сила, чем на симметричную часть противоположного борта. Благодаря этому судно возвращается в нормальное положение.

Типичный пример крыльев, пересекающих поверхность воды,— *V-образные крылья*. При повышении скорости погружение этих крыльев уменьшается, а при снижении — увеличивается. Благодаря этому подъемная сила сохраняется неизменной и равной весу судна.

Накренившееся судно с такими крыльями выпрямляется вследствие того, что подъемная сила, действующая на ту часть крыла, которая больше погрузилась в воду, превосходит подъемную силу, возникающую на части крыла другого борта.

Познакомимся с устройством пассажирского теплохода на подводных крыльях «Вихрь». Его маршруты проходят вдоль морского побережья. Водоизмещение этого судна — 120 т, скорость — 70 км/ч. Корпус изготовлен из легких сплавов. В носу и корме под корпусом на стойках укреплены подводные крылья.

В трех светлых салонах с большими окнами в мягких авиационных креслах размещаются 260 пассажиров. Между средним и кормовым салонами находятся вестибюль, 2 каюты для команды, буфет, машинное отделение. В кормовой части судна — прогулочная площадка, закрытая тентом.

Четыре двигателя внутреннего сгорания мощностью по 880 кВт через наклонные валы вращают 4 гребных винта, расположенные ниже кормового крыла. Управление двигателями и всем судном осуществляется из рулевой рубки, находящейся над вестибюлем.

По строительству судов на подводных крыльях СССР занимает одно из первых мест в мире. Увеличивается грузоподъемность, повышается скорость и расширяется сфера использования таких судов. Для плавания в открытых морях и океанах на большом волнении создаются суда с *глубокопогруженными автоматически управляемыми крыльями*. Автоматические устройства, изменяя углы атаки крыльев, поддерживают корпус судна над поверхностью волн, а это позволяет почти полностью устранить качку.

Суда на воздушной подушке

Судно на воздушной подушке — принципиально новое транспортное средство: оно может с большой скоростью двигаться и над водой, и над твердой поверхностью на небольшом расстоянии над ними, на так называемой *воздушной подушке,* образованной нагнетаемым под днище воздухом.

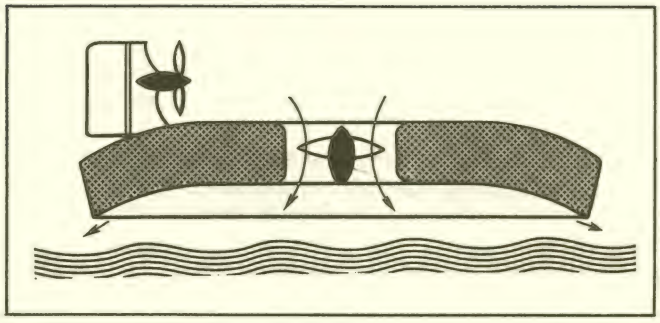
Принцип движения на воздушной подушке впервые разработал К. Э. Циолковский. Первые в мире опытные катера на воздушной подушке были построены в нашей стране в 1935 г. А сейчас построено много экспериментальных судов на воздушной подушке, и уже совершают рейсы пассажирские и грузовые суда водоизмещением более 150 т.

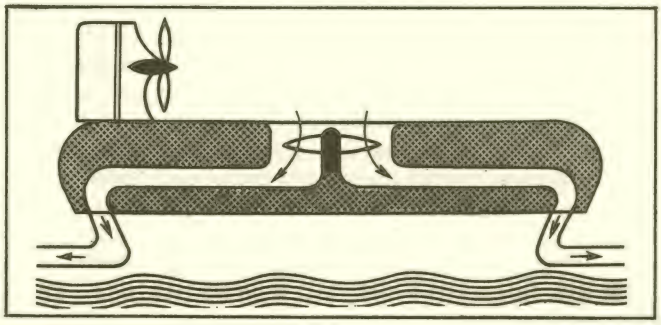
Что такое воздушная подушка? Это слой сжатого воздуха под днищем судна, который приподнимает его над поверхностью воды или земли. Отсутствие трения о поверхность позволяет снизить сопротивление движению. От высоты подъема зависит способность такого судна двигаться над различными препятствиями на суше или над волнами на воде.

Наиболее простой способ образования воздушной подушки — *камерный*. Воздух, нагнетаемый вентилятором под куполообразное днище, свободно вытекает по его периметру. Чем больше подача воздуха, тем выше поднимается судно, но это требует повышенных затрат энергии, поэтому при большой высоте подъема этот способ неэкономичен. Для уменьшения расхода воздуха у судов, предназначенных для движения только над поверхностью воды, подушку

Суда на воздушной подушке могут развивать большую скорость — свыше 100 км/ч — и передвигаться и над водой, и над твердой поверхностью.

Два способа образования воздушной подушки: *вверху* — камерный; *внизу* — с кольцевой завесой (сопловой способ).





по бортам ограждают погруженными в воду жесткими стенками или узкими корпусами — *скегами*. Такие суда называют судами *скегового типа*.

Более экономичен при большой высоте подъема *сопловой* способ образования воздушной подушки, когда нагнетаемый вентилятором воздух подается под днище через наклоненные внутрь сопла, расположенные по его краям. Струи вытекающего из сопел воздуха изгибаются так, что центробежные силы, действующие на движущиеся по криволинейным траекториям частицы воздуха, уравновешиваются повышенным давлением в подушке, и воздушная подушка как бы «запирается» этими струями. Для увеличения высоты подъема и уменьшения затрат мощности на образование воздушной подушки по ее периметру дополнительно устанавливаются гибкие ограждения.

Камерная схема применена на опытном пассажирском речном судне «Нева», построенном в 1962 г. в Ленинграде. А горьковские судостроители построили судно скегового типа «Горьковчанин» для перевозки пассажиров по мелководным рекам, экспериментальный катер «Радуга» и опытное пассажирское судно «Сормович» водоизмещением 32 т с сопловой схемой образования подушки.

«Сормович» имеет гибкое ограждение воздушной подушки высотой 1 м. Газовая турбина мощностью 1870 кВт приводит во вращение 12-лопастный осевой вентилятор и движители — два 4-лопастных воздушных винта изменяемого шага. Пассажирский салон на 50 человек размещен в носовой части судна. Максимальная скорость — 120 км/ч. Для управления судном служат воздушные рули.

Кроме легких экспериментальных судов создаются более крупные суда на воздушной подушке. Увеличение их размеров выгодно потому, что с ростом площади воздушной подушки уменьшаются удельные затраты мощности на ее образование, улучшается мореходность судов.

Одно из первых судов на воздушной подушке с повышенной мореходностью, предназначенных для перевозки пассажиров и грузов через пролив Ла-Манш при волнах высотой до 3 м,— английское судно СР № 4, построенное в 1967 г. Оно имеет сопловую схему образования подушки с гибким ограждением высотой 2,1 м. Водоизмещение судна — 167 т, на нем размещается 670 пассажиров (или 174 пассажира и 30 автомобилей). Четыре газовые турбины мощностью по 3130 кВт приводят во вращение 4 вентилятора и 4 винта изменяемого шага. Максимальная скорость над водой — 120 км/ч.

На пути создателей более крупных судов на воздушной подушке стоит немало сложных проблем, связанных с повышением мореходности. С развитием техники они будут решены, и суда на воздушной подушке получат широкое распространение как средство быстрого передвижения по воде и по суше, снегу и льду, мелководью и бездорожью.

Автоматы помогают судоводителям

Все вы, наверное, читали роман Жюля Верна «Пятнадцатилетний капитан». Помните, в какое тяжелое положение попал юный моряк, когда работорговец Негоро испортил оба компаса на корабле и вместо Южной Америки герои романа приплыли в Африку?

Сейчас определить правильный курс, рассчитать расстояние до порта, провести корабль в густом тумане штурманам и капитанам современных судов помогает целая система разнообразных «умных» приборов. Давайте познакомимся с этими помощниками судоводителей. Начнем с самых простых, которыми моряки пользуются уже не одно столетие.

Представьте, что вы находитесь на судне в открытом море. Кругом только вода и небо. Как определить местонахождение судна?

Если небо ясное, координаты можно определить по положению светил: днем — солнца, ночью — звезд. Для этого служит астрономический инструмент — *секстант* (моряки чаще говорят *секстан*).

Устройство его таково: к бронзовому сектору, составляющему примерно $^1/_6$ часть круга («секстант» от латинского слова «секс» — шесть), прикреплены оптическая трубка и 2 зеркала. На секторе нанесены деления — градусы и минуты. Наблюдатель направляет трубу на линию горизонта и одновременно перемещает зеркало так, чтобы луч света от солнца или звезды, отразившись в зеркалах, попал в глаз. На шкале мы увидим угол, под которым светило находится над горизонтом. Это значение угла с учетом показаний хронометра позволяет почти точно рассчитать местонахождение корабля.

Ну а если небо в тучах? Тогда могут помочь другие приборы: *лаг* и *магнитный компас*. Лаг — прибор для измерения скорости судна. Простейший лаг — это вертушка, которую на тросе тянут за кормой судна. Обычно лаг соединяют со счетчиком пройденного расстояния. Зная пройденное расстояние и направление движения (по компасу), штурман может найти на карте место судна.

С развитием техники изменялись старые приборы, рождались новые. Для измерения глубин вместо веревки с отметками и грузом на конце *(лота)* на судах сейчас применяют *эхолот*. Измеряя время прохождения ультразвукового импульса до морского дна и обратно, прибор определяет глубину. Автомат-самописец вычерчивает кривую глубин — рельеф дна. С помощью подробной карты морского дна можно довольно точно определить, где находится судно.

Под днищем судна находится трубка гидравлического лага, снабженная гибкой мембраной. По размеру ее прогиба, пропорциональному силе давления, зависящей от скорости обтекания, можно узнать скорость судна и вычислить пройденный путь.

У судоводителей есть еще один верный друг — радио. *Радиосекстант* принимает радиоизлучения солнца, он «видит» солнце, даже когда оно скрыто тучами. Определить местоположение судна можно, принимая сигналы береговых радиостанций приемником с поворотной рамочной антенной: слышимость передачи исчезает, когда плоскость антенны перпендикулярна пеленгу — направлению на станцию. Пересечение хотя бы двух пеленгов указывает на карте место корабля.

Капитану важно знать, что находится вокруг судна. *Радиолокатор* дает возможность видеть в темноте и тумане. Вращающаяся антенна на мачте посылает импульсы ультракоротких радиоволн. Если на их пути встретится препятствие, радиоволны отражаются и чувствительный приемник улавливает отраженный сигнал. А на экране кругового обзора в этом направлении появятся яркие вспышки. Судам, оснащенным радиолокатором, не грозят неожиданные встречи в тумане с другим судном или айсбергом.

Изменился и *магнитный компас:* появились приспособления, предохраняющие его от сотрясений, качки, уменьшающие влияние больших масс металла, из которого состоит современное судно, и других помех. Но так как полностью устранить эти влияния нельзя, применяют *гироскопический компас*.

Это довольно тяжелый волчок, вращаемый мотором с частотой 17 000—30 000 об/мин. Как всякий волчок, он обладает свойством сохранять в пространстве заданное положение оси, например меридиональное направление с севера на юг. На судне в защищенном внутреннем помещении устанавливается *главный гирокомпас*. Он называется «маткой». А в других местах — в ходовой рубке, на мостике, в каютах капитана и штурмана — стоят «репитеры» — повторители, связанные с «маткой» электропроводами.

Однако и гирокомпас по мере приближения к полюсам дает менее точные показания. Поэтому на судах применяют сразу оба вида компасов.

А вот еще несколько важных помощников моряка — одограф, курсограф и авторулевой.

Одограф автоматически прокладывает путь судна. Он соединен с гирокомпасом и лагом: гирокомпас дает курс, а лаг сообщает о пройденном расстоянии.

Рулевая рубка. *На переднем плане* — радиолокатор, *слева* — авторулевой, *в центре* — машинный телеграф.

По навигационной карте ползет каретка с карандашом и непрерывно чертит путь судна.

Курсограф связан с главным гирокомпасом и точно воспроизводит его показания. В верхней части прибора имеется стрелка в виде кораблика. Она показывает курс судна в каждый момент; судно повернуло — на столько же градусов повернулась стрелка. В прямоугольном окне непрерывно движется разграфленная полоса бумаги. На продольных линиях указано время (часы и минуты), на поперечных — угловые градусы. Перо чертит на бумаге прямую линию, пока судно не отклонится от курса.

Если с гирокомпасом соединить механизмы, которые при помощи электродвигателей немедленно возвратят отклонившееся от заданного курса судно на первоначальный курс, то это будет *авторулевой*. Гирокомпас очень чуток, и судно, ведомое авторулевым, «рыскает» значительно меньше, чем при ручном управлении,— курсограф чертит почти прямую линию.

С созданием быстродействующих электронных счетно-решающих устройств удалось автоматизировать управление судном. Получая данные от приборов, определяющих местоположение и курс судна, и сравнивая эти данные с имеющейся в машине программой, они передают команду авторулевому и другим механизмам. Автомат поможет проложить наивыгоднейший маршрут с учетом погоды и морских течений на пути следования.

Но значит ли это, что автоматы могут заменить капитанов и штурманов? Конечно, нет. Ведь именно они составляют программу для автоматических устройств, задают нужное направление движения судна.

Совершенные приборы и автоматические устройства помогают обеспечить безопасное плавание в современных условиях интенсивного судоходства и больших скоростей движения.

Водные пути

Много веков тяжелой борьбы с природой потребовалось людям, чтобы освоить морские и речные пути и соединить многие из них каналами и водохранилищами.

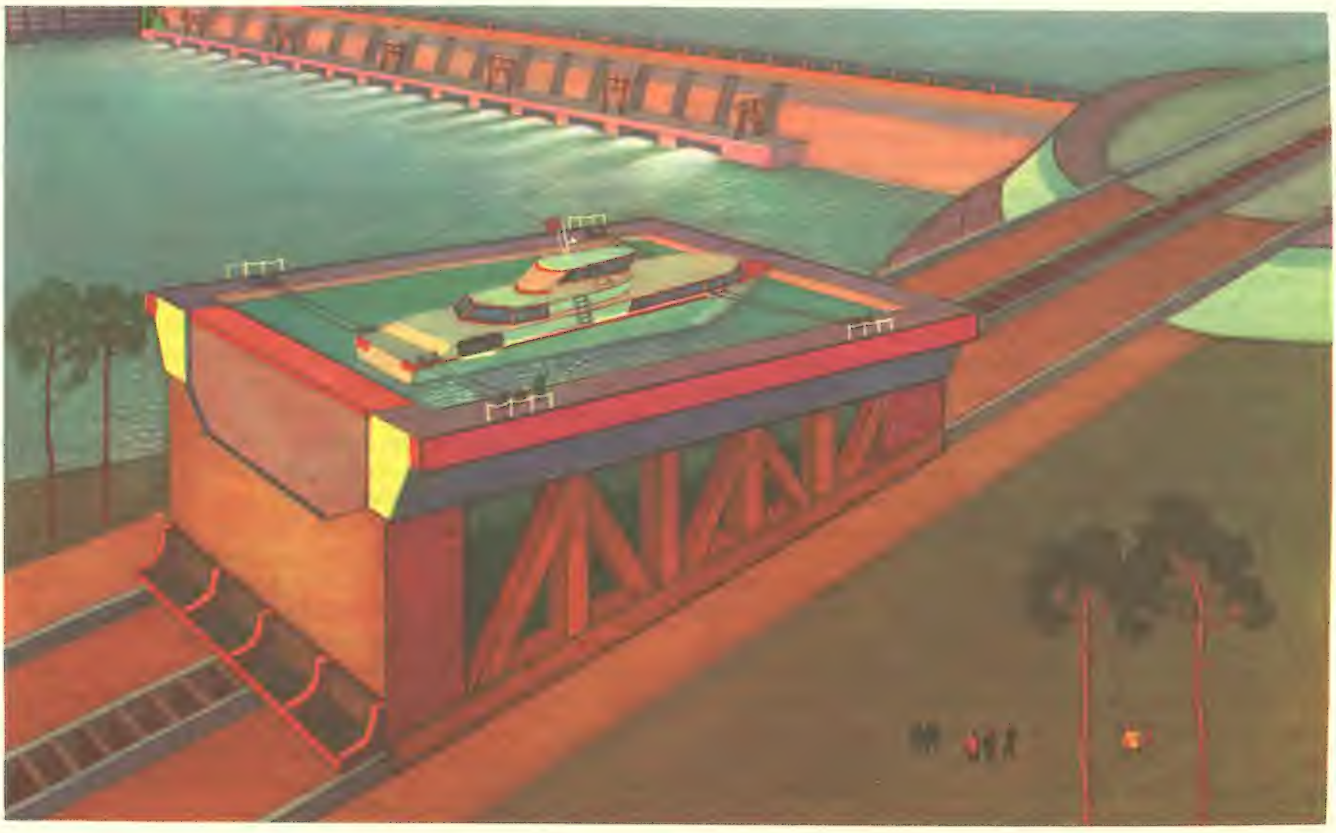
Медленно ползли вдоль берегов, повторяя их изгибы, гребные суда древних мореплавателей. На их пути были мели, рифы, течения и другие опасности. Вблизи крупных населенных пунктов выбирать путь помогали высокие башни, на которых ночью зажигали костры. Но эти примитивные маяки можно было увидеть лишь с близкого расстояния, костры мог потушить ливень или ветер, а часто разбойники, стремясь заманить судно на мель и ограбить, зажигали на берегу фальшивые огни.

Нелегким было в древности и плавание по рекам. Там, где путь преграждали каменистые пороги, приходилось выгружать товары и переносить их на плечах или перевозить на лошадях, а суда перетаскивать по суше волоком, подкладывая под них деревянные катки.

Позднее, с появлением компаса и секстанта, морские суда перестали жаться к берегам, а с усовершенствованием конструкции судов — смелее пересекать обширные пространства океанов. Уже в эпоху парусного флота на опасных участках морских и океанских путей для ориентировки мореплавателей строились высокие башни — *маяки*. Их строили на берегах и в открытом море на скалистых рифах или искусственных островках. В начале XIX в. масляные фонари на маяках постепенно заменили керосиновыми, а затем газовыми. Для указания подводных опасностей (мелей, рифов) и обозначения безопасных проходов — *фарватеров* — устанавливали на якорях небольшие поплавки, снабженные далеко видными шестами с фигурными наконечниками,— *вехи*. Применялись также *буи* — пестроокрашенные поплавки большого размера, часто снабженные фонарями, а

Суда проходят через шлюзы.
Внизу: судоподъемник для перевозки речных судов «посуху».

Морской буй.



Веха.

иногда и сигнальными колоколами. Буи для ограждения фарватеров на внутренних водных путях называют *бакенами*.

Но несмотря на все это, маршруты морских парусных судов значительно отличались от современных, так как зависели прежде всего от направления господствующих ветров и течений. В результате самый короткий путь почти никогда не был наиболее быстрым и безопасным.

Суда с механическими двигателями почти перестали зависеть от ветра и течений; маршруты их выпрямились, стали короче. Однако на пути из Европы в Индийский океан судам по-прежнему приходилось огибать Африку, а на пути в Тихий океан — Южную Америку, затрачивая на это много времени и топлива. Экономика настоятельно требовала сооружения кратчайших межокеанских путей. В 1869 г. после 10-летних работ было открыто движение по Суэцкому каналу. Он значительно сократил путь из Европы в порты Индийского океана.

Однако в результате агрессии Израиля 1967 г. на Ближнем Востоке судам, идущим из европейских стран в Индийский океан, целый ряд лет снова, как и 100 лет назад, пришлось ходить длинным путем — вокруг Африки.

В 1914 г. было завершено 34-летнее строительство Панамского канала, намного укоротившего путь между портами Атлантического и Тихого океанов. Были прорыты каналы, сокращающие путь из Балтики в Северное море (Кильский), из Эгейского в Средиземное (Коринфский) и др.

Сооружение этих каналов было дорогим, трудным и опасным делом. Почти все работы производились вручную. Только на строительстве Суэцкого канала погибло около 20 тыс. рабочих-египтян. Большие кладбища погибших строителей находятся и на берегах Панамского канала. Для создания канала здесь потребовалось прорыть гористый кряж на протяжении почти 15 км, углубить озеро Гатун, вынув в общей сложности 160 млн. $м^3$ земли и камня.

Там, где уровень воды в соединяемых водных бассейнах не совпадает и где необходимо преодолеть водораздел, каналы делают в виде ступенчатой лестницы. В конце каждой ступени строится *шлюз* — камера, имеющая с обеих сторон водонепроницаемые ворота — *затворы*. Ворота служат для пропуска судов в шлюзовые камеры. Открывая поочередно то нижние, то верхние затворы, уравнивают (по принципу сообщающихся сосудов) воду в камере шлюза с уровнем воды соответственно в нижней или верхней ступени канала. Вместе с водой опускается либо поднимается судно. Такие шлюзы имеются на Волго-Балтийском, Беломорско-Балтийском каналах и др.

Гидростроители Красноярской ГЭС решили эту проблему иначе. Там вместо обычного шлюза для перемещения судов через плотину служит *судоподъемник*, который представляет собой рельсовый путь длиной 1700 м, уходящий в воду одним концом выше плотины, а другим — ниже нее по течению реки. По этому пути на 26 четырехколесных тележках передвигается *судовозная камера* — огромная ванна, в которой размещается судно. Основание ванны скошено соответственно уклону пути, чтобы верхняя часть ее оставалась горизонтальной и вода из нее не выливалась. В крайней точке пути имеется поворотный круг, который изменяет движение камеры для спуска ее в воду по другую сторону плотины. После того как камера дойдет до конца пути и погрузится в воду, одна из ее стенок открывается, и судно входит в камеру. Затем камера закрывается, и судно перевозится через плотину. Масса камеры — около 7000 т, а перемещение судна через плотину длится 30—35 мин, т. е. значительно быстрее, чем с помощью обычных шлюзов.

В связи с тем что размеры современных судов намного увеличились, каналы приходится углублять и усовершенствовать. Увеличена ширина ряда участков Панамского канала, создана автоматическая система регулирования движения судов. С переходом Суэцкого канала в собственность египетского народа была принята программа углубления и расширения этой трансокеанской магистрали.

Воронцовский маяк в Одессе.

Становятся тесными и мелкими для новых гигантских судов даже такие естественные проливы, как Ла-Манш, Малаккский и другие.

Маяки и буи уже давно имеют электрическое освещение. Совсем недавно в Австралии установлен первый *лазерный маяк*. Его яркие лучи проникают сквозь густой туман, пыль и тучи. Вдоль морских и океанских путей установлены *радиомаяки, радиолокационные станции* и другие средства радионавигации, сеть которых непрерывно расширяется. По их сигналам суда могут точно определять свое место в море даже при полном отсутствии видимости.

Внутренние водные пути также значительно усовершенствованы. Шлюзы новых каналов и плотин вмещают самые большие речные суда. Управление ими полностью механизировано и автоматизировано.

Извилистые участки судоходных рек выпрямляют, а мелководные участки искусственно углубляют. Это позволяет морским судам с малой осадкой плавать по рекам, не перегружая товары в речные суда. Берега рек и каналов надежно укрепляют, чтобы предохранить их от размыва течением и волнами. Безопасность плавания на внутренних водных путях обеспечивает регулирующая движение система сигнализации и современные средства навигационного ограждения фарватеров.

За годы Советской власти внутренние водные пути СССР объединены в единую транспортную систему, соединяющую северные моря с южными — Белое и Балтийское с Каспийским и Черным. Построен Беломорско-Балтийский канал, канал имени Москвы и Волго-Донской канал имени В. И. Ленина. Реконструированы старые каналы Мариинской системы, вместо нее сооружен Волго-Балтийский водный путь имени В. И. Ленина.

Порт

Порт! Для моряка это слово всегда означает не только место, где загружают или разгружают судно, но и желанное пристанище после долгого, иногда многомесячного, сопряженного с опасностями плавания. В порту судам можно надежно укрыться от бури, устранить поломки и полученные в штормах повреждения, пополнить запасы провизии, пресной воды и топлива для двигателей и котлов. В родном порту моряка встречают семья, коллеги, друзья. Здесь дома отдыха и санатории, учебные комбинаты, спортивные базы.

Сначала порты создавались в защищенных от морского волнения естественных углублениях берега — заливах и бухтах либо в устьях глубоких рек. Нелегко подчас было найти вход в такой порт, а найдя — благополучно миновать прибрежные рифы и мели, особенно в штормовую погоду. Подходы к таким портам часто напоминали кладбища судов.

Но не везде были удобные бухты или устья рек, поэтому еще в древности на открытых берегах создавали искусственные порты, отгораживая небольшие участки моря валами из камня или насыпями земли, укрепленной сваями и каменной облицовкой. Такие валы или насыпи, защищающие от морских волн, «перемалывающие» их, называются *молами*.

С развитием техники, в связи с увеличением количества и размеров судов строились все более крупные и глубоководные порты. Молы и волноломы стали сооружать из бетонных массивов — «кубиков» весом в несколько десятков тонн и более. В некоторых портах, где велики колебания уровня воды при приливах и отливах, например в Лондоне, Ливерпуле, Гавре, Антверпене, гавани отгорожены водонепроницаемыми затворами, во время отлива удерживающими воду на высоком уровне. Суда в такие гавани *(доки)* входят и выходят из них во время прилива.

Сооружения, к которым пристают суда,— *причалы*. Одни из них тянутся вдоль берега, другие — их называют *пирсами* — выступают далеко в водное пространство порта — *акваторию* и позволяют в его пределах значительно увеличить протяженность причальной линии. Причалы облицовывают сплошной вертикальной стенкой, идущей до самого дна, или устраивают на сваях. К причалам подведены трубопроводы для снабжения судов пресной водой, жидким топливом и др.

Погрузка судов и их разгрузка раньше производились вручную по перекинутым на берег сходням, а если глубина не позволяла судну близко подойти к берегу, грузы к его борту или от борта подвозили на

Морской порт: *1* — волнолом; *2* — молы; *3* — нефтяной причал (пирс); *4* — нефтебаза; *5* — холодильник; *6* — рыбный порт; *7* — пирс; *8* — угольный причал; *9* — пассажирский вокзал; *10* — элеватор; *11* — шлюз подходного канала; *12* — устье реки; *13* — сухой док; *14* — судостроительный стапель; *15* — плавучий док; *16* — «мокрый» док для погрузки и разгрузки судов; *17* — контейнерный причал; *18* — причал для погрузки колесной техники; *19* — акватория порта; *20* — плавучий кран с буксиром; *21* — маяк.

лодках или плотах. Тяжелый, изнурительный труд! Сейчас погрузку и разгрузку на причалах ведут с помощью портальных подъемных кранов. Под их П-образными основаниями свободно проезжают железнодорожные составы и груженые автомобили. В портах имеются и другие погрузочные механизмы: передвижные транспортеры, автопогрузчики, плавучие подъемные краны (грузоподъемностью 100—500 т и более), береговые и плавучие перегружатели для зерна, угля и других грузов. Для погрузки нефтегрузов сооружают насосные станции, способные загрузить танкер за 10—12 ч.

Крупные танкеры, которые не могут войти в порт из-за большой осадки, грузятся и разгружаются далеко от берега, у плавучих буев, к которым подведены подводные нефтяные трубопроводы.

Большую часть территории порта занимают склады — открытые и закрытые — и дороги. От складов к причалам грузы перевозятся автомобилями, тягачами с прицепами, электрокарами. Современные морские порты — это крупные транспортные узлы, в которых морские пути сходятся с железными и шоссейными дорогами, воздушными трассами, а если порты расположены в устье рек, то и с речными путями.

Для обслуживания транспортных судов порт располагает вспомогательным флотом: портовые *буксиры* и *ледоколы* помогают судам подходить к причалам и отходить от них; баржи отвозят с судов мусор, воду с нефтеостатками, снабжают их жидким топливом и пресной водой; *дноуглубительные снаряды — землечерпалки* и *землесосы* — поддерживают глубину в акватории порта и подходных каналах. Есть в порту *разъездные* и *пожарные катера, водолазные боты* и другие суда.

В большинстве портов имеются судоремонтные мастерские или заводы, оснащенные устройствами для подъема судов из воды. Небольшие суда вытаскивают на берег на тележках по уходящим в воду рельсовым путям. Для подъема из воды крупных судов служат *доки* — плавучие или сухие. Сухой док представляет собой вырытую на берегу камеру, отделенную от моря водонепроницаемым затвором. После ввода судна в камеру из нее откачивают воду, и судно опускается на подставки — *кильблоки*.

Помимо портов общего назначения существуют порты, специализированные по виду погружаемого или разгружаемого груза, например: *угольные, рудные, зерновые*. Для обслуживания и стоянки рыболовецких судов, приема и переработки их улова служат *рыбные порты*. *Порты-убежища* не имеют погрузочного оборудования и служат исключительно для укрытия мелких судов во время штормовой погоды. В некоторых портах на рейде и в гаванях стоят серостальные громады военных кораблей, видны силуэты подводных лодок. Это *военно-морские базы*.

За годы Советской власти значительно расширены и углублены старые порты: Архангельский, Ленинградский, Рижский, Одесский, Владивостокский и др. На месте маленького поселения за Полярным кругом — в Кольской губе вырос огромный незамерзающий Мурманский порт, через который вывозятся хибинские апатиты, ввозится большое количество рыбы, добываемой советскими рыбопромысловыми судами, и много других грузов.

Созданы порты на всех великих сибирских реках. Один из таких портов на реке Оби так и называется — Новый порт. Со всех концов света приходят суда за добротным сибирским лесом в енисейский порт Игарку. Для обслуживания Северного морского пути вблизи устья Енисея создан порт Диксон, а в устье Лены — Тикси.

На кавказском берегу, где раньше была небольшая пристань, возник новый Сочинский пассажирский порт.

Неподалеку от Одессы, в Сухом лимане, ранее отделенном от моря узкой естественной перемычкой, в последние годы создан новый порт — Ильичевск. Благодаря этому порту значительно разгрузился, главным образом от перевозки угля, руды и других пыльных грузов, Одесский порт. В самом Одесском порту вырос красивый морской вокзал, оснащенный по последнему слову техники.

На Дальнем Востоке еще до войны построены город и порт Комсомольск-на-Амуре, морской порт Советская гавань и др. В послевоенные годы в огромной естественной бухте создан по существу заново порт Находка, а также оборудован и расширен ряд более мелких портов и портовых пунктов, особенно на Южном Сахалине, Охотском и Камчатском побережьях. В 1973 г. начал работать еще один дальневосточный порт — в бухте Врангеля, который получил название Восточный.

В ближайшие годы начнется строительство глубоководных морских портов, будут строиться и новые порты, а также расширяться, углубляться и модернизироваться существующие.

...Представьте себе, что вы на судне. Ваше судно приближается к порту. С моря вы видите, как он велик. С одной стороны видны серебристые баки нефтебазы. У ее причалов огромные корпуса танкеров под флагами разных стран. По толстым шлангам в их грузовые помещения — *танки* непрерывным потоком поступает нефть, бензин или керосин. Чуть ближе — красивое здание морского пассажирского вокзала, рядом с ним белоснежные корпуса пассажир-

ских судов. А дальше — грузовые причалы, огромное здание зернового элеватора, серая коробка холодильника, различные склады.

Вот огромный мостовой кран в виде буквы П с широко расставленными ногами. Он быстро передвигается с грузом над обширной площадкой, где гигантскими параллелепипедами сложены контейнеры.

Вдали виднеются вышки антенны портовой радиостанции для связи с судами, находящимися в море. С помощью телевизионных установок диспетчер видит, что делается на каждом причале.

Авиационный транспорт

Авиация началась с мечты

Еще задолго до того, как были открыты законы физики, позволившие построить самую примитивную небесную машину — воздушный шар, человек отправился в полет, опираясь на силу своего воображения. Наш пытливый и беспокойный предок запрягал в фантастические воздушные колесницы голубей, орлов, лебедей, он построил себе крылья из птичьих перьев, он упорно рвался ввысь... И все-таки... все-таки это были первые шаги в небо. Пусть человек еще не летал, но в полете была его мысль, его мечта. Это она — окрыленная мечта человека — сложила прекрасную легенду об Икаре и Дедале. Крылья подняли юношу Икара к самому Солнцу... И неудивительно, что русское название летательной машины — самолет — появилось сначала в сказках (кто не помнит сказочных ковров-самолетов?) и только много позже легло строгой подписью на листы чертежей...

Чертежи летательной машины, да не одной, а трех — парашюта, крылатого аппарата и геликоптера (вертолета), найдены в рукописях Леонардо да Винчи, великого итальянца эпохи Возрождения, жившего в конце XV в. А в 1783 г. французы братья Ж. и Э. Монгольфье соорудили *воздушный шар,* наполнили его горячим воздухом и подняли на нем в небо первых аэронавтов: петуха и барана.

Убедившись, что подъем в воздух не грозит неприятностями живым существам, стали летать на аэростатах и люди. Первый полет был совершен в Париже 21 ноября 1783 г. Аэронавты Пилатр де Розье и д'Арланд пробыли в воздухе 25 мин и поднялись на высоту 1000 м. Началась эра воздухоплавания.

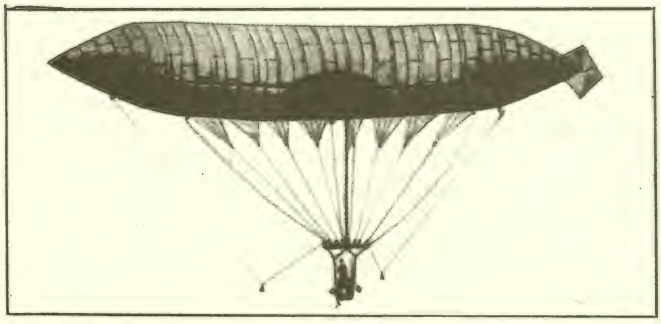
Однако аэростат оказался игрушкой стихии: он летел туда, куда нес его ветер. Поэтому воздухоплавателей не оставляла мысль сделать полет управляемым. С этой целью изобретатель А. Жиффар построил в 1852 г. сигарообразный аэростат *(дирижабль),* с гребным винтом, приводившимся во вращение небольшой паровой машиной. Конструктор оснастил свой летательный аппарат рулем. К сожалению, мощность машины была слишком мала, чтобы двигать этот дирижабль против сколько-нибудь сильного ветра. Строительство дирижаблей смогло начаться, по существу, лишь после изобретения мощного и легкого двигателя внутреннего сгорания. Первый такой двигатель был создан в конце 80-х годов XIX в., а в ноябре 1899 г. француз А. Сантос-Дюмон на дирижабле своей конструкции облетел вокруг Эйфелевой башни. Дирижабли, наполненные водородом, гелием, стали вполне послушными воле человека. Правда, дирижабли были громоздки, неуклюжи и тихоходны. И эти недостатки заставляли изобретателей искать иных путей покорения воздушного океана. Человек хотел летать, как птица. И он полетел, опираясь не на силу мышц, а на силу своего разума. В 1884—1885 гг. русский морской офицер А. Ф. Можайский первым в мире спроектировал и запатентовал *самолет,* который был построен и испытывался. По схеме своей эта машина имела все основные черты современного самолета: фюзеляж, крыло, оперение, шасси, управление, силовую установку.

В начале XX в. изобретатели во многих странах начали создавать крылатые летательные машины. Особенно преуспели американцы братья У. и О. Райт: 17 декабря 1903 г. их аэроплан с бензиновым мотором поднялся в воздух и пролетел 32 м. Первое авиапутешествие на самолете продолжалось 17 с. Но это был полет, поэтому 17 декабря 1903 г. считается днем рождения авиации (от латинского «авис» — птица).

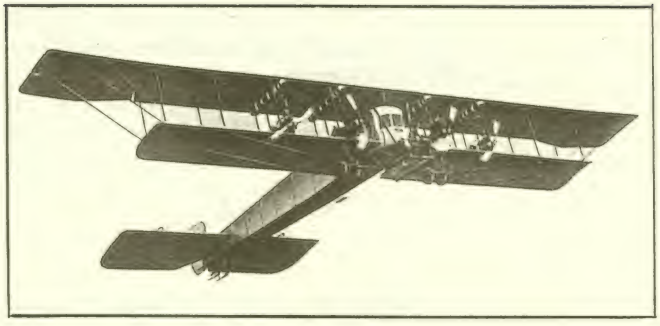
Начало XX в. охарактеризовалось бурным развитием самолетостроения во многих странах. В России И. И. Сикорский в 1913 г. создал первый в мире большой четырехмоторный самолет «Русский витязь», первенец тяжелой авиации. «Русский витязь»

Модель геликоптера (вертолета) Леонардо да Винчи, созданная по его эскизам *(слева)*;
биплан — двукрылый планер О. Лилиенталя, 1890 г. *(справа)*;

дирижабль А. Сантос-Дюмона, 1899 г. *(внизу)*.



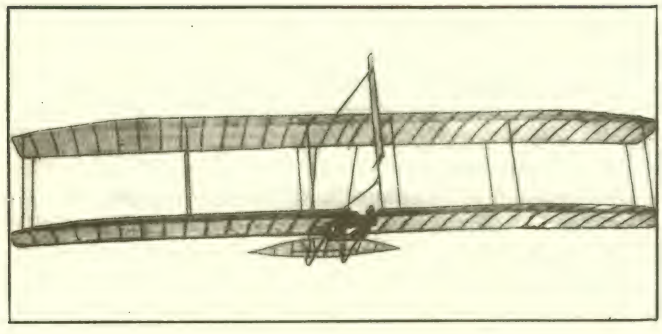
Самолет «Илья Муромец» — прямой продолжатель первенца тяжелой авиации четырехмоторного самолета «Русский витязь», 1913 г.



Внизу: АНТ-2 — первый советский цельнометаллический самолет конструкции А. Н. Туполева, 1924 г.

Самолет А. Ф. Можайского — первый самолет в мире, который имел все основные черты современного самолета, 1884—1885 гг. (модель).

Внизу: самолет братьев У. и О. Райт, на котором был совершен первый продолжительный полет, 1903 г.



АНТ-25 — на этом самолете, созданном ЦАГИ, были поставлены рекорды дальности экипажами В. П. Чкалова и М. М. Громова в 1937 г.

Внизу: ИЛ-2 — советский противотанковый самолет конструкции С. В. Ильюшина, 1939 г.; гитлеровцы прозвали этот штурмовик «черной смертью».

МИГ-15 — один из первых реактивных истребителей, (конструкторы А. И. Микоян и М. И. Гуревич).

МИ-1 — первый советский вертолет конструкции М. Л. Миля.

ТУ-104 — первый в мире реактивный пассажирский лайнер конструкции А. Н. Туполева.

ТУ-144 — первый сверхзвуковой реактивный пассажирский лайнер (создан в конструкторском бюро А. Н. Туполева).

по размерам и весу превосходил примерно вдвое все существовавшие тогда самолеты. Прямым продолжением «Русского витязя» был получивший мировую славу самолет «Илья Муромец», способный поднять несколько человек и значительный по тем временам груз.

Жизнь далеко обогнала даже самые смелые прогнозы и надежды первых создателей летательных аппаратов. Судите сами: официальный рекорд скорости, установленный в 1920 г., равнялся 320 км/ч (заметьте, самой быстрой птице соколу-сапсану никогда не удавалось развить скорость больше 300—315 км/ч); через 10 лет это достижение было увеличено почти в 2,5 раза, а с появлением *реактивной* авиации сначала учетверено, а позже и удесятерено!

3000 км/ч теперь не рекорд, а скорость многих современных истребителей. Да что говорить об истребителях, когда в последние годы даже транспортная, пассажирская авиация далеко перешла рубеж скорости звука.

Почему, однако, разговор об авиации неизменно начинается с рассуждения о скоростях полета? Потому что скорость, дающая крылатым машинам возможность быстро преодолевать расстояние и делать далекое близким, в первую очередь определяет ценность летательных аппаратов. Скорость — вернейший показатель успехов авиации.

Машины нашего неба

Сложное начинается с простого

Чтобы поближе познакомиться с крылатой машиной, мы не станем сразу подниматься на борт многоместного воздушного лайнера, а рассмотрим сначала самолет попроще.

Перед нами учебно-тренировочный самолет ЯК-18, машина, на которой делают свои первые «шаги» в небе все будущие командиры воздушных кораблей. Самолет двухместный, оснащенный не реактивным, а поршневым двигателем. *Потолок,* или, другими словами, наибольшая высота, на которую способна подняться машина,— 4000 м; скорость — 250—260 км/ч, по современным понятиям небольшая. Если лететь все время по прямой линии, до тех пор пока не будет выработан весь бензин из баков, можно покрыть расстояние в 1000 км и более. Тоже не много, но для тех целей, которым служит машина, достаточно.

Давайте познакомимся с устройством самолета. Начнем с *фюзеляжа* — корпуса самолета. К нему крепятся все остальные части конструкции. Фюзеляж самолета ЯК-18 сварен из тонких стальных труб. Бóльшая часть его обтянута авиационным полотном, покрытым аэролаком. Сталь и полотно, примененные в одной конструкции, делают машину прочной и вместе с тем легкой. В фюзеляже расположены 2 кабины: передняя — для ученика, задняя — для инструктора. В каждой кабине есть ручки управления, педали, рычаги, или секторы управления двигателем, много всяких приборов. В фюзеляже спрятаны маленькая радиотелефонная станция, аккумуляторная батарея. В передней части фюзеляжа монтируется *подмоторная рама.* Она называется так потому, что держит на себе мотор, или, правильнее, двигатель.

Двигатель самолета вращает воздушный винт. Винт захватывает воздух подобно тому, как пароходный винт загребает воду, и отбрасывает его назад, создавая тягу, движущую машину. Двигатель справедливо называют сердцем самолета. Остановится сердце — и сразу иссякнет источник скорости. А если нет скорости — нет полета. Летать без двигателя сколько-нибудь длительное время могут только легкие и тихоходные планеры.

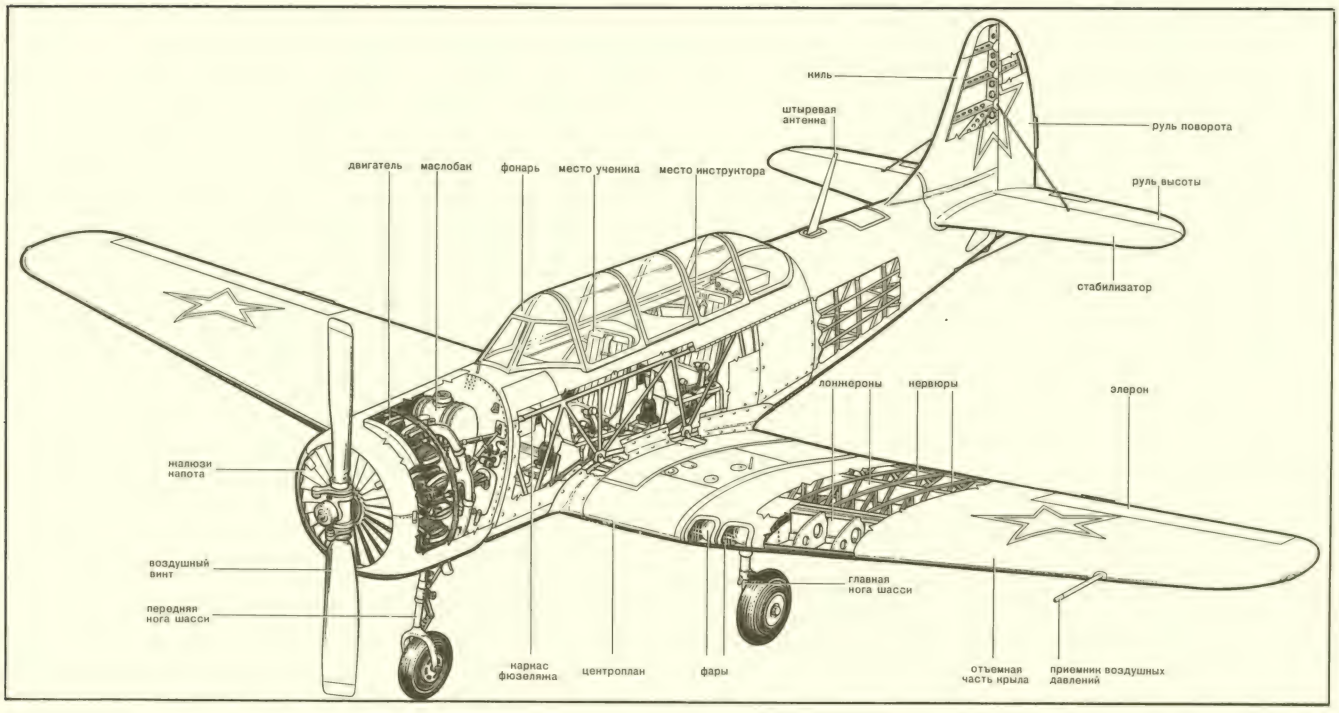
К нижней части фюзеляжа прикреплен *центроплан* — центральная часть крыла. К центроплану крепятся съемные крылья — *консоли,* или *плоскости,* которые можно снимать при транспортировке самолета наземным или морским путем, при ремонте и т. д.

Каждый из вас, вероятно, знаком с воздушным змеем — самой простой летающей плоскостью. Самолетное крыло сродни этой нехитрой конструкции, только устроено оно посложнее. Крыло собирается из *лонжеронов* (основные продольные несущие балки), *нервюр* (поперечные элементы), *стрингеров* (продольные элементы) и *обшивки.* Основной строительный материал крыла самолета ЯК-18 — дуралюмин и авиационное полотно.

В полете крыло создает подъемную силу (см. т. 3 ДЭ, ст. «Крылатый полет»). И чем больше скорость, тем значительнее подъемная сила. На крыльях расположены также *элероны* — небольшие подвижные плоскости, которые позволяют накренять самолет вправо и влево или устранять непроизвольный крен.

В хвостовой части фюзеляжа размещаются *киль* и *руль поворота, стабилизатор* и *руль высоты.* Все эти важные части вместе составляют *хвостовое оперение.* По конструкции хвостовое оперение напоминает крыло: оно тоже собирается из лонжеронов и нервюр. Но назначение его иное. Рули хвостового оперения подвижны, и это позволяет летчику поворачивать самолет, снижаться и набирать высоту, выполнять

Учебный самолет ЯК-18 — «школьная парта» наших летчиков. Этот самолет создан в конструкторском бюро А. С. Яковлева.



сложные маневры. Рули поворота, высоты и элероны составляют систему *рулевого управления* самолета.

Колеса, устройство для их убирания, подвеска — все это называется *шасси* самолета. Шасси нужно самолету для посадки на землю и передвижения по земле. В полете шасси убирают внутрь самолета. Ведь каждая выступающая деталь снижает самое дорогое качество летательного аппарата — скорость.

Воздушный лайнер

Получив первое представление об устройстве учебно-тренировочного самолета, можно знакомиться и с более сложным самолетом. Больших пассажирских лайнеров теперь много — это целое семейство туполевских кораблей, и машины конструкторского бюро С. В. Ильюшина, и самолеты, созданные под руководством О. К. Антонова, А. С. Яковлева. У всех этих самолетов разное устройство, разные показатели, свои особенности. Но в первую очередь приглядимся к тем чертам машин, которые их объединяют.

Современный воздушный лайнер, как и учебно-тренировочный самолет, имеет фюзеляж, крылья, хвостовое оперение. Конечно, каждый основной элемент конструкции много сложнее, значительно больше, вместительнее, объемнее. Если в фюзеляж учебного самолета вмещается 2 человека, то такие самолеты, как «Антей» (СССР), «Боинг-747» (США), принимают на борт до 500 человек.

Транспортные самолеты, специально предназначенные для перевозки грузов, могут принимать на борт до 80 т! 80 т весит землеройная машина, или несколько порожних железнодорожных вагонов, или маневровый тепловоз, или даже небольшое судно.

Лайнеры подобных размеров, естественно, потребовали очень прочных конструкций, и прежде всего цельноштампованных и цельнофрезерованных балок сложной конфигурации. Конструкционные материалы для тяжелых самолетов — сталь, дуралюмин, титан, все шире внедряющийся в авиацию, легкие жаропрочные сплавы, пластмассы.

Каждая конструкция имеет, естественно, свои размеры, но, чтобы вы могли представить себе порядок величин, назовем некоторые средние цифры. Размах крыльев лайнера составляет 50—70 м, длина машины при этом может быть 45—60 м, высота — 10—12 м. Общая полетная масса больших кораблей достигает 250—300 т. При этих весьма солидных размерах и массах предусмотрено, чтобы самолеты тратили на разбег 1000—1800 м и пробегали после приземления не более 800—1200 м.

Воздушный пассажирский лайнер — самолет чрезвычайно высокой мощности. Лайнер — это десятки

ИЛ-62 — тяжелый дальний реактивный пассажирский лайнер конструкции С. В. Ильюшина.

ЯК-40 — легкий реактивный лайнер для самых близких сообщений, созданный в конструкторском бюро А. С. Яковлева.

Внизу: ТУ-134 — реактивный пассажирский лайнер для линий средней протяженности.

тонн металла, горючего, грузов, перемещающихся в пространстве со скоростями, в десятки раз превышающими скорости наземных транспортных средств. За время полета исполины-двигатели такой машины сжигают десятки тонн топлива. В зависимости от типа и назначения самолета к нему подбирают тот или иной двигатель (на рисунках на стр. 71 приведены основные типы современных реактивных двигателей).

Дозвуковые воздушные лайнеры с лучшими скоростными показателями летают на стреловидных, скошенных назад крыльях. Такие плоскости позволяют самолету развивать скорость 1000 км/ч и более (см. т. 3 ДЭ, ст. «Крылатый полет»).

Пассажирские самолеты совершают полеты на высотах 9—10 тыс. м. Воздух здесь сильно разрежен, а температура —50° С и ниже. Поэтому у всех этих машин герметичные салоны. *Система кондиционирования* воздуха во время полета поддерживает в салоне нормальные наземные давление, температуру и влажность. Микроклимат — непременное условие, без которого невозможно перевозить пассажиров, преодолевая арктический мороз стратосферы, проносясь сквозь тысячи километров на высотах, где мало кислорода.

Современный большой самолет — сложное сооружение. Чтобы «уложить» его в чертежи, приходится изготовлять тысячи листов. Для каждой машины заводы поставляют сотни радиоламп, тысячи метров разнообразных проводов и множество других материалов. В конструкции самолета применяются листы из дуралюмина толщиной от 0,8 до 20 мм, из которых делают фюзеляжи, крылья и хвостовое оперение самолета, и особые фасонные профили, из которых делают каркас. В конструкции используют и тонкую, как бумага, фольгу, и особые пленки, которые закладывают между двумя слоями стекол. Стекла от этого не теряют прозрачности, так как пропущенный по пленке ток не дает им запотевать на любой высоте.

В каждой конструкции воздушного лайнера заметно возрастает и усложняется оборудование — приборы, автоматические устройства, средства связи. Автоматы следят за расходом горючего, по мере необходимости переключают топливные баки, докладывают экипажу, сколько истрачено и сколько еще

остается топлива в данный момент. Автоматы исчисляют путь, т. е. определяют пройденное расстояние, учитывают действие ветра, вводят поправки в курс и точно направляют самолет к цели. Автоматы зорко следят за противопожарной безопасностью, и, если в воздухе возникнет пожар, приборы доложат летчикам о беде и направят на огонь особый пламягасящий состав...

Заглянув в пилотскую кабину воздушного лайнера в полете, вы увидите, что машину на большей части пути ведут послушные и исполнительные *автопилоты*, а летчики только контролируют их действия и время от времени вносят поправки в программу управления.

Характерная особенность больших машин та, что все ответственные системы в них дублированы, т. е. сделаны так, что одну и ту же функцию выполняют 3, а иногда даже 4 независимые системы. Что это значит? Если, например, шасси не выпустилось от основной системы, есть запасная, не зависящая от первой, система, есть еще и аварийный выпуск. Такое многократное резервирование — залог надежности конструкции, залог безопасности...

Сверхзвуковые лайнеры

Массовый транспортный самолет работает на скоростях, близких к скорости 1000 км/ч, но на смену этому типу машин уже идут корабли, рассчитанные на сверхзвуковые скорости полета. И первые из них — советский самолет ТУ-144, англо-французский «Конкорд», американский «Боинг-2707».

Вот летно-технические характеристики таких машин: скорость — 2500—3000 км/ч, максимальная дальность полета — 6500—8000 км, максимальная высота — потолок — 20 000 м.

Самолет не имеет привычного хвостового оперения, крыло у него треугольное, малого размаха. Носовая часть фюзеляжа острая, как игла. На малых скоростях при взлете и посадке она опускается, что существенно улучшает обзор.

Силовая установка машины расположена под крылом в его центральной части, 4 реактивных двигателя обеспечивают самолету достаточный запас мощности на всех режимах полета.

В такой форме самолета воплотились все достижения современной аэродинамики. Самолет может летать и на малых скоростях, и на сверхзвуковых (см. т. 3 ДЭ, ст. «Крылатый полет»).

Но, может быть, сверхзвуковая скорость никому не нужна? Может быть, идет просто погоня за рекордами? Нет. Сверхзвуковой самолет — объективная необходимость: прогресс нельзя остановить.

На снимках видно, какой сложной формы крыло у самолета ТУ-144 и как внушительны 4 его реактивных двигателя — в их сопла можно войти не сгибаясь.

И авиация для того и родилась, чтобы покорять скорость, сокращать расстояние, сближать страны...

Есть предположение, что лет через 10 многие пассажиры международных линий будут летать именно на сверхзвуковых самолетах — это ведь экономия времени.

Но привлекательно не только сэкономленное время. Человек на скоростной машине меньше утомляется. По сути дела, он просто не успевает ощутить продолжительность полета. В самом деле: из Москвы в Дели пассажир прибудет через 2 ч 20 мин, из Москвы в Париж или Лондон — за 1 ч 30 мин.

Скорость не только выигрыш во времени, но и повышение экономичности самолета. Чем быстрее пролетит самолет между 2 пунктами с одним и тем же грузом, тем меньше будет затрачено средств на выполнение этой работы (амортизация машины и двигателя, стоимость топлива). В результате снижается стоимость перевозок, уменьшаются цены на билеты.

Есть и другие преимущества у сверхзвуковой машины. Во-первых, ее трассы проходят на высоте 16—22 км, где не бывает обледенения, болтанки, где всегда ясное небо. Во-вторых, прогноз погоды на 1,5—2 ч вперед более точен, чем на 6—9. Поэтому, когда аэродром дает разрешение на вылет, можно быть уверенным, что в 99 случаях из 100 погода останется летной и при посадке.

Наконец, *надежность*. На сверхзвуковом самолете ТУ-144 впервые в мире *четырехкратно зарезервированы* абсолютно все системы, имеющие отношение к «жизнеспособности» машины. Например, управление. На каждом крыле рули-элероны разделены на 4 секции: если выйдет из строя одна из них, это никак не отразится на летных характеристиках самолета. Больше того, каждая из секций управляется 2 гидравлическими приводами, действующими от 4 независимых гидросистем. И так всюду: выпуск и уборка шасси, опускание и подъем носового обтекателя, электрооборудование, радиосистемы, установки кондиционирования воздуха... Везде 4 бло-

ка делают одно общее дело. За всем этим сложнейшим хозяйством следит *автоматическая система контроля;* не дожидаясь, пока аппаратура выйдет из строя, она поднимает тревогу, как только характеристики какого-то блока приближаются к опасному пределу. Вот почему ТУ-144 не только скачок в скорости, но и новый рубеж безопасности полета.

Ну а как чувствует себя летчик? Труднее ему стало или легче? Оказывается — легче! Автоматы следят за курсом, показывают на экране, где находится самолет, сколько времени осталось лететь — словом, все, что интересует летчика. Штурмана на этом самолете нет: его роль выполняет *автоматическая навигационная система.* Поэтому экипаж состоит всего из 3 человек: 2 летчиков и бортинженера.

Когда в авиации появились первые реактивные самолеты, пришлось увеличивать размеры аэродромов. Однако когда появились сверхзвуковые машины, этого не случилось: ТУ-144 доказал, что новым самолетам вполне годятся старые аэродромы.

ТУ-144 садится на те же полосы, что и дозвуковые машины, ему вполне хватает 2800 м бетона. Самолет исключительно плавно — так что даже летчик не замечает! — касается земли. Почему? Потому что, когда высота падает до 5—7 м, под крыльями образуется мощная воздушная подушка. Она-то и придает эту плавность посадке.

Вертолеты

Идея полета без крыльев очень давняя. Она родилась даже раньше, чем идея самолета. Она увлекла гениального Леонардо да Винчи. Известно, что М. В. Ломоносов не только много занимался теоретическими исследованиями в этой области, но и построил модель геликоптера, которую успешно демонстрировал в Петербургской академии наук. Однако вертолет, такой, каким мы его знаем теперь, появился значительно позже.

Вплоть до 1930 г. мировой рекорд высоты полета вертолетов составлял 18 м! Создать первый хорошо держащийся в воздухе вертолет удалось советскому инженеру, ученому и летчику А. М. Черемухину. 14 августа 1932 г. на построенном под его руководством вертолете ЭА-1 А. М. Черемухин поднялся на высоту 605 м, перекрыв в 12-минутном полете прежнее мировое достижение в 33,5 раза!

Принцип действия такого летательного аппарата сравнительно прост. Если над фюзеляжем расположить винт, вращающийся в горизонтальной плоскости и развивающий тягу, несколько большую, чем вес машины, аппарат оторвется от земли и будет набирать высоту. Идея проста. Но для ее осуществления надо было создать мощный и в то же время достаточно легкий двигатель и решить много других проблем. Сегодня вертолеты летают над всеми континентами. Вертолет не заменил крылатую машину — самолет, но великолепно ее дополнил.

Основное преимущество вертолетов в том, что им не нужна специально оборудованная площадка для взлета и посадки. Они поднимаются с «пятачка» и свободно приземляются на него. Вертолет — единственная летающая машина, способная неподвижно висеть в воздухе и передвигаться задним ходом. Удивительная подвижность бескрылой машины объясняется просто: вертолет может наклоняться вперед, назад и в стороны, а вместе с ним отклоняются и несущие винты. Смещая направление силы тяги, летчик выполняет на вертолете сложные повороты.

Чтобы познакомиться с устройством вертолета подробнее, посмотрим на рисунок-схему. Просторный фюзеляж вертолета подобен самолетному. Внутри фюзеляжа расположен двигатель, от которого вращение с помощью валов передается на несущие винты. Если у вертолета один несущий винт, то в хвостовой части располагают дополнительный небольшой винт, не позволяющий фюзеляжу раскручиваться в сторону, обратную вращению несущего винта. Но бывают вертолеты с двумя несущими винтами. Тогда вращение одного несущего винта уравновешивается вращением другого. В этом случае хвостовой винт не нужен.

Вертолеты, созданные за последние годы,— машины широчайшего диапазона. Среди них есть и такие, в которых свободно помещаются 2 автомобиля, есть и совсем маленькие машины, предназначенные, например, для людей, наблюдающих за высоковольтными линиями электропередачи.

Вертолеты успешно используются на самых неожиданных, казалось бы, совсем не авиационных работах. Строители тянут новый трубопровод через горы. Надо доставить и уложить трубы на перевале. Без дорог, не опасаясь круч и скал, пролетает над свежей траншеей вертолет и с высоты в несколько метров точно, аккуратно опускает трубу за трубой.

Не так просто водрузить сложную металлоконструкцию на вершину домны. Обычно прибегают к помощи подъемного крана. А что, если обратиться к летчикам? Они застропят многотонное сооружение и вертолетом поднимут его на самый верх домны! Пройдет всего несколько минут — и трудоемкая операция будет завершена.

Первые вертолеты, подобно старым самолетам, имели поршневые двигатели. Более поздние конструкции получили *турбовинтовые двигатели.*

Авиация в народном хозяйстве

Вверху: АН-2 — пассажирский самолет для местных перевозок, созданный в конструкторском бюро О. К. Антонова. АН-2 служит и для обработки полей. *Внизу:* самолет АН-22, созданный авиаконструктором О. К. Антоновым, способен взять на борт несколько автобусов.

Вы видели, как на весеннем поле вместе с ростками полезных растений поднимаются сорняки. Справиться с сорняками на огородной грядке просто: повыдергал их — и дело с концом. Но как быть с огромными, на тысячи гектаров раскинувшимися полями? И тут на помощь людям приходит авиация: летающая машина обрабатывает поле химическими препаратами, уничтожающими сорняки и безвредными для полезных растений,— *гербицидами* (см. т. 6 ДЭ, ст. «Химия в растениеводстве»). Союз авиации и химии приносит большую пользу земледелию.

В нашей стране уже много лет назад была уничтожена саранча, и это прежде всего заслуга авиаторов. Из года в год на саранчу — страшного опустошителя полей в южных районах страны — обрушивались систематические удары с воздуха. И в конце концов саранча исчезла с территории СССР. Летчики теперь ведут борьбу с такими вредителями полей и садов, как черепашка, долгоносик, непарный шелкопряд, яблоневая моль. Помогает авиация бороться и с вредителями леса.

Авиация помогает и «напоить» пашню. С приближением весны снеговые поля посыпают с воздуха пересекающимися прямыми линиями темного порошка — угольной пылью, сухим торфом или землей. Сверху такое поле напоминает огромнейший лист ученической тетради в клеточку. Начинает пригревать весеннее солнышко, темные полосы притягивают тепло и тают раньше основного массива. Земля успевает впитать сначала первую порцию влаги, а потом, когда приходит очередь таяния белых снегов, почва снова может «пить» вволю.

Воздушные машины, состоящие на службе в самых различных отраслях народного хозяйства, называют *самолетами спецприменения*. Они помогают людям многих специальностей.

Некоторые самолеты оборудованы приборами, которые с высокой точностью измеряют магнитные поля того или иного района, безошибочно определяют радиоактивность пород с воздуха и указывают геологоразведчикам, где недра притаили залежи железной руды, где они припрятали месторождение урана, где укрыли нефть.

Объектив аэрофотосъемочной аппаратуры позволяет во много раз точнее и быстрее, чем топограф-пешеход, нанести на карту береговую черту залива, излучину реки или границу лесного массива...

До последнего времени самолеты помогали метеорологам только исследовать атмосферу, уточнять границы распространения воздушных масс. Теперь наступает новая пора. Метеорологи в содружестве с летчиками получают возможность активно воздействовать на погоду. Найдены способы «обработки» облаков. Например, с помощью сухой углекислоты, вызывающей конденсацию паров, пилоты могут заставить облако пролиться дождем.

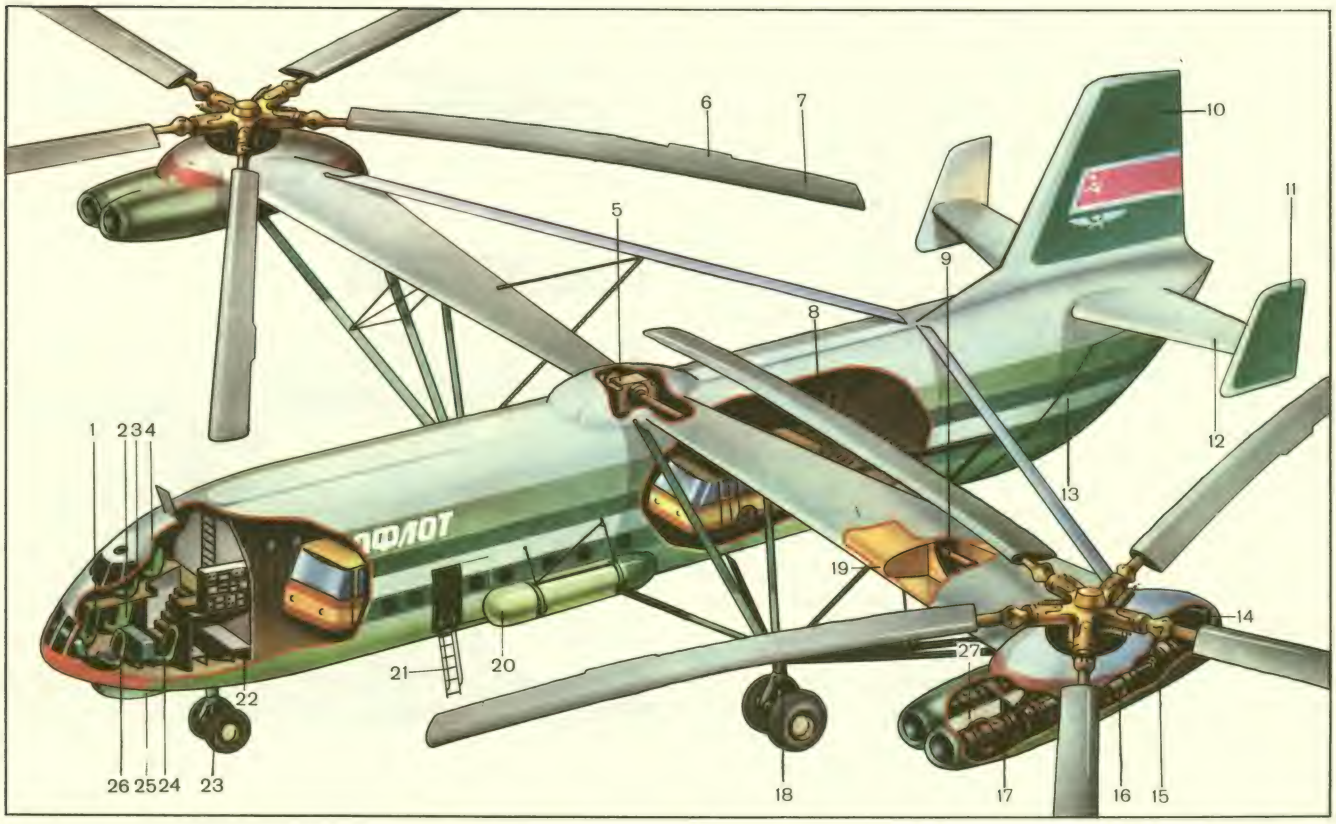
Во время путины воздушные разведчики наводят рыболовецкие флотилии на косяки рыбы в открытом море. Дежурные самолеты по первому сигналу, полученному по радио, вылетают на помощь людям, терпящим бедствие.

А сколько лесных пожаров ликвидировали отважные вертолетчики! Сколько тысяч квадратных километров лесов протаксировали (расписали по сортам) «воздушные лесничие»! А какую неоценимую помощь оказывают вертолеты в строительно-монтажных работах!

И совершенно особое место занимает у нас санитарная авиация.

...Где-то вдали от города заболел человек. Необходима скорая медицинская помощь: может быть, операция, немедленное переливание крови или консультация профессора. Телефонный звонок на авиационную санитарную станцию — и через несколько минут опытный врач отправляется в путь. Летчик санитарного самолета найдет самую отдаленную деревню, небольшой полустанок, стойбище в тундре. Он при-

Самый большой в мире вертолет В-12 конструкции М. Л. Миля (разрез): *1* — кресло второго пилота; *2* — кресло бортэлектрика; *3* — кресло штурмана; *4* — кресло бортрадиста; *5* — промежуточный редуктор; *6* — триммер; *7* — лопасти; *8* — грузовая кабина; *9* — синхронизирующий вал; *10* — киль; *11* — концевые шайбы; *12* — стабилизатор; *13* — створки грузовой кабины; *14* — радиатор; *15* — вентилятор; *16* — главный редуктор; *17* — двигатель; *18* — основная стойка шасси; *19* — основные топливные баки; *20* — дополнительный топливный бак; *21* — трап; *22* — кабина сопровождающих; *23* — пе-



землится буквально на «пятачке», использовав для этого луг, выгон или деревенскую улицу.

Авиация специального применения и в мирное время живет по строгому военному распорядку. Дежурят у машин летчики, всегда готовые к срочному вылету врачи, пожарные-парашютисты, лесничие... Здесь каждый день люди выполняют «боевые задания», здесь ни на минуту не прекращается великое сражение за здоровье и жизнь людей, за плодородие земель и урожайность садов, за сохранность леса и богатые уловы рыбы.

Наши крылатые защитники

К сожалению, в наши дни даже самые миролюбивые государства не могут обходиться без армий, без мощного вооружения. Вот почему военная ветвь самолетной семьи многочисленна и по-прежнему занимает заметное место в авиации большинства стран мира.

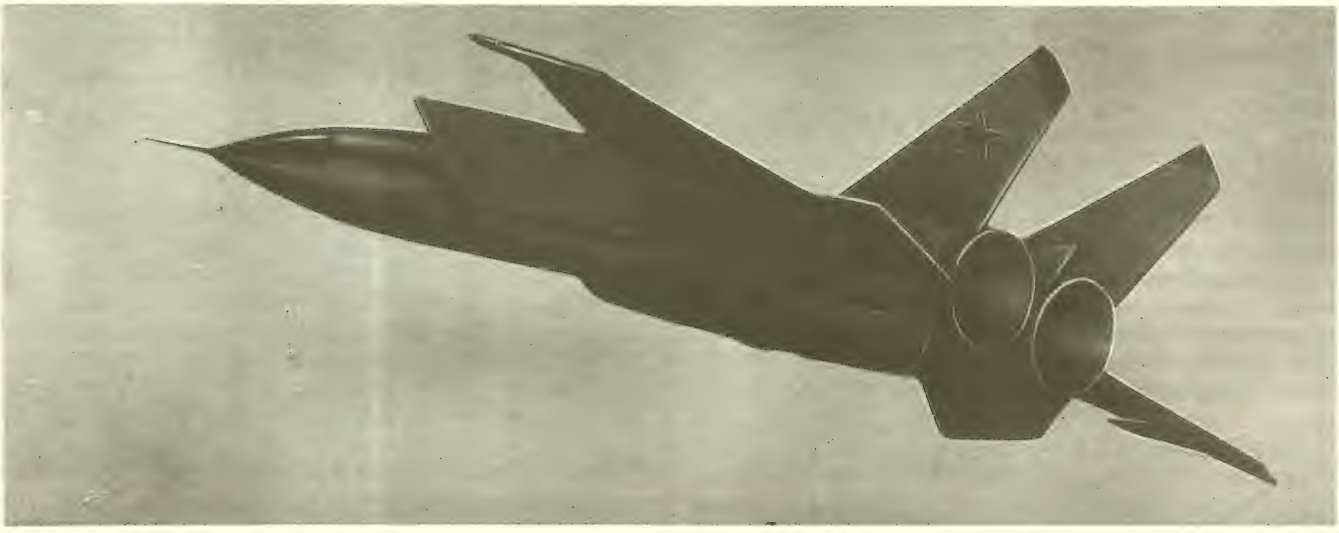
Более полувека назад, еще в годы первой мировой войны, на борт самолета были однажды взяты железные кованые стрелы. Сброшенные с воздуха на головы вражеской конницы, эти стрелы нанесли ей заметный ущерб. Следом за стрелами в военной авиации начали использовать небольшие бомбы, чуть позже установили бортовое стрелковое вооружение — пулеметы...

В 1913 г. самолет «Илья Муромец» брал на борт до 800 кг бомб, машина была вооружена несколькими пулеметами (до 7). В ту пору это был самый внушительный *бомбардировщик* на земном шаре (см. рис. на стр. 404).

В годы второй мировой войны нагрузка бомбардировочных машин измерялась уже не килограммами, а тоннами. Вот из дальних тяжелых бомбардировщиков и выросла современная ракетоносная авиация. Оружие *самолетов-ракетоносцев,* как явствует из их названия,— ракеты. Ракеты эти способны наносить удары по любым наземным объектам врага. Современный ракетоносец — всепогодная машина, обладающая большим радиусом действия, оборудованная так, что ей необязательно даже подходить близко к цели. Ракеты, пущенные издалека, за сотни километров, сами умеют находить и поражать заданные объекты.

редняя стойка шасси; *24* — кресло бортинженера; *25* — радиолокатор; *26* — кресло первого пилота; *27* — противопожарная переборка.

Всепогодный сверхзвуковой истребитель-перехватчик.



Боевой реактивный истребитель с вертикальным взлетом и посадкой.

Современные истребители. *Внизу:* группа истребителей на взлете.

При выполнении боевых операций любого масштаба командованию необходимо точно знать, где в данный момент находятся маневрирующие войска противника, в каком состоянии его базы, куда направляют свой путь корабли или танковые колонны. Эти задачи решает *самолет-разведчик*. Сегодняшний разведчик — реактивная машина большой дальности и большого потолка, летающая значительно быстрее звука. Машина оборудована фотоаппаратами и радиолокационными установками, поэтому для нее ни ночь, ни облака не помеха. Вся добытая информация немедленно передается наземным пунктам управления, так что командование буквально как на ладони видит и фронтовую полосу, и глубокий тыл противника.

Истребители предназначаются для уничтожения воздушного противника, и первое оружие самолетов этого типа — *скорость*. Из всех машин, бороздящих небо, истребители самые быстроходные. Ведь их дело — перехватить, нагнать врага и, заняв выгодную для атаки позицию, пустить в ход пушки и противосамолетные ракеты. Истребители могут добиться победы только в теснейшем взаимодействии с наземными пунктами обнаружения и наведения на противника. Вот почему на этих небольших компактных самолетах так много сложнейших приборов связи, обнаружения и опознавания противника.

И хотя военная авиация сама по себе еще не в состоянии решить исход войны (побеждают или терпят поражение вооруженные силы в целом), удельный вес военно-воздушных сил в достижении общего успеха по-прежнему остается чрезвычайно высоким. Вот почему ракетоносцы, всепогодные сверхзвуковые истребители-перехватчики, боевые машины с укороченным и вертикальным взлетом и посадкой — наша постоянная забота. Они не должны уступать военным самолетам других стран, они должны их превосходить.

Будущее авиации

Нерешенных проблем у авиации еще много. Зависимость рейсов от погоды, большая удаленность аэродромов от центра города, шум моторов, мешающий жителям и пассажирам, неспособность аэродромов пропустить все увеличивающееся количество самолетов, повышение безопасности полетов — вот главное, над чем работают сейчас в авиации. И все это для того, чтобы в самом ближайшем будущем люди могли пользоваться воздушным транспортом так же часто и просто, как автобусом или поездом.

Современные гражданские самолеты (ТУ-154, ЯК-40) летают со скоростью меньшей, чем скорость звука,— *дозвуковые самолеты* и со скоростью в два с лишним раза выше скорости звука (ТУ-144) — *сверхзвуковые самолеты*.

Летать на сверхзвуковом самолете на дальность меньше 2000 км нет смысла: самолет не успеет разогнаться и набрать расчетную высоту, как ему уже необходимо спускаться и садиться. Поэтому на ближних и средних линиях (до 2000—3000 км) по-прежнему будут применяться дозвуковые самолеты.

Однако семья дозвуковых самолетов пополнится. Будут созданы новые типы дозвуковых самолетов, которые соединят в себе все лучшие черты современных пассажирских лайнеров этой группы. Новые самолеты будут летать с такими же скоростями, как, например, ТУ-154, и перевозить столько же пассажиров, но они будут комфортабельнее и смогут летать в любую погоду. Борьба за увеличение скорости у дозвуковых самолетов тоже будет продолжаться. Сейчас наиболее быстрые из них летают со скоростью 950 км/ч, а в ближайшее время будут летать со скоростью, близкой к скорости звука,— 1050—1100 км/ч. И делается это ради того, чтобы полет длился, скажем, не 3 ч, а 2 ч 40 мин, а билет стоил не 20, а 17 руб.

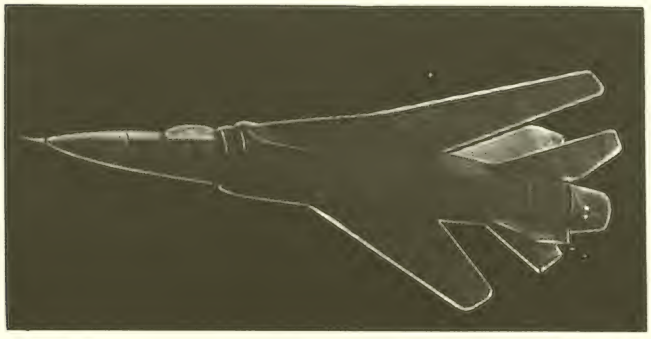
Околозвуковой самолет должен иметь особое стреловидное крыло со специальным профилем. Фюзеляж такого самолета будет совсем непривычной для нас формы: у него появится «талия».

Многие из вас, вероятно, подумают: а зачем увеличивать скорость на какие-нибудь 100—150 км/ч. Ведь уже существуют такие сверхзвуковые гиганты, как ТУ-144 и «Конкорд», скорость которых достигает 2500 км/ч! Оказывается, нужно. На близкие расстояния пассажиров будут перевозить самолеты с *дозвуковой* скоростью, на средние — с *околозвуковой*, а на дальние — со *сверхзвуковой*.

Но человека конца XX в. для полетов на расстояния более 8000 км уже не устроят и сверхзвуковые самолеты, которые тратят 4 ч на перелет Хабаровск — Москва, как самолет ТУ-144. Он получит возможность преодолеть это расстояние на *гиперзвуковых самолетах*, скорость которых будет в 3—4 раза превышать скорость ТУ-144! Но для этого, конечно, нужно будет освоить новые конструкционные сплавы, выдерживающие большие температуры и нагрузки, новые виды топлива и т. д.

Будут созданы и совершенно новые типы самолетов, например пассажирские самолеты с *изменяемой*

Вверху: этот пассажирский самолет такой необычной для нас формы может летать со скоростью, близкой к скорости звука. Поэтому его называют околозвуковым.
Внизу: на разных режимах полета самолету нужна разная скорость, а следовательно, и разная стреловидность крыла. Поэтому будут созданы пассажирские самолеты с изменяемой геометрией крыла, как у этого, который вы видите на снимке.



геометрией крыла. На разных режимах полета самолету нужна разная скорость, а следовательно, и разная стреловидность крыла. На небольших скоростях самолету нужен большой размах крыльев, а на сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростях размах крыльев должен быть как можно меньшим, а стреловидность как можно большей. Только при этом самолет будет иметь малое сопротивление. Изменять геометрию крыла можно, поворачивая его вокруг специального шарнира, расположенного около фюзеляжа.

Дальнейшее развитие получат и самолеты *вертикального* и *укороченного* взлета и посадки. Вертикальный взлет позволит приблизить аэродромы к центру города, сделать их небольшими. Крыша любого высотного здания города, понтонная площадка на реке или озере, набережная — вот «аэропорты» для такого вида самолетов. Для вертикального взлета могут использоваться или специальные *подъемные* двигатели, способные развить тягу, бóльшую веса самолета (в полете эти двигатели выключаются), или *маршевый* (т. е. работающий в полете) двигатель с поворотным соплом, который на взлете отбрасывает реактивную струю вниз, а в полете — назад.

Стоимость билета тем меньше, чем больше число мест в самолете. Поэтому очень перспективны самолеты-гиганты — *аэробусы,* вмещающие до 600 человек. Увеличится и частота рейсов. Самолеты будут отправляться, как автобусы. А багаж пассажиры смогут брать с собой в салон, не затрачивая время на его сдачу и получение. Есть и второй способ размещения багажа — *контейнерный.* В этом случае багаж предварительно укладывается в стандартные контейнеры, которые доставляются в самолет механизированной быстродействующей системой погрузки. Контейнеры строго одинаковы для всех самолетов данного типа. Поэтому, если вы летите с пересадками, то контейнер с вашим багажом «пересаживается» вместе с вами — и вам не надо заботиться о багаже.

Будут созданы специальные быстродействующие электронные центры — автоматы по продаже авиабилетов, к аэропортам будут проложены скоростные магистрали, подвесные дороги. Получат распространение так называемые *фидерные авиалинии* — ли-

Первым советским аэробусом станет самолет ИЛ-86. Самолет будет состоять как бы из двух палуб (нижней — грузовой и верхней — пассажирской). Он сможет перевозить 350 человек на расстояние до 2500 км с крейсерской скоростью 950 км/ч. Предполагается, что билеты станут продавать прямо у трапа, а посадка всех пассажиров на ИЛ-86 будет занимать максимум 25—30 мин.

нии, связывающие аэропорт с центром города. По таким линиям вертолеты и вертикально взлетающие самолеты за 15—20 мин будут доставлять пассажиров и их багаж от аэропорта до «мини-аэропортов», расположенных в различных кварталах города.

Как видите, в авиации еще много работы. Но чтобы ярче представить себе будущее авиации, давайте помечтаем...

Конец XX в. Вы, москвич, решили навестить друзей в Ленинграде. Через 15—20 мин вы уже в аэропорту.

В аэропорту выяснилось, что аэробус на Ленинград только что улетел. Вас это не смутило — следующий аэробус через 40 мин! И вот вы уже в пассажирском салоне самолета. Он напоминает уютный кинозал. Свой багаж вы оставили при входе на специальном стеллаже. Регулировочными кнопками установили кресло так, как вам удобнее. Подходит стюардесса, спрашивает, какой фильм вы желаете посмотреть во время полета (называет 4—5). Вы покупаете у стюардессы билет до Ленинграда, надеваете наушники и, перепробовав 5—6 каналов, выбираете музыку. Самолет, разбежавшись всего на 300 м, взлетает, круто уходя ввысь. На переднюю перегородку с потолка салона стюардесса выдвигает экран, и все с увлечением смотрят сборник мультфильмов (так пожелало большинство пассажиров). Едва кончились мультфильмы, а стюардесса уже объявляет, что вы над Ленинградом. Выглянув в окно, вы ничего не видите, кроме густого тумана. Но нелетной погоды для этого самолета нет — он летит по приборам.

С точностью до нескольких метров ваш самолет касается полосы ленинградского аэродрома, расположенного вблизи от центра города. Через 15 мин вы уже у друзей. А ведь прошло всего 2 ч, как вы вышли из своего дома в Москве!

А вот другая картина XX в. Инженеру в Хабаровске перед самым обедом позвонили и предложили в 10 ч 30 мин выступить на конференции в Париже. Инженер согласился. Что это? Ошибка? Нет! Инженер собрал необходимые материалы, заехал домой, пообедал и в 15.00 вышел из дома. Через 20 мин он взлетел с крыши соседнего дома на самолете местной авиалинии «город — аэропорт — город». В аэропорту он взял билет на гиперзвуковой лайнер «Ха-

баровск — Париж» и в 16.00 был уже в воздухе. Перед взлетом лайнер полностью расправил крылья, выпустил предкрылки и закрылки и взлетел с обычного аэродрома, который использовался еще в 60-е годы. После взлета по мере разгона крылья повернулись относительно шарниров до смыкания с фюзеляжем. Теперь это уже была ракета, пронзающая атмосферу со скоростью 10 000 км/ч! Через 1,5 ч эта ракета, выпустив крылья, снизила скорость и снова превратилась в самолет, который приземлился в аэропорту Руасси. Здесь инженер пересел на вертикально взлетающий самолет местной авиалинии «Руасси — центр города» и в 18.00 по хабаровскому времени уже осматривал знаменитую башню Эйфеля. А парижские часы показывали 10 ч утра! Разница во времени между Хабаровском и Парижем 8 ч, а гиперзвуковой лайнер покрыл расстояние между этими городами за 1,5 ч. Самолет обогнал «медленно» вращающуюся Землю, он взлетел, когда в Париже было 8 ч утра, и за 1,5 ч полета, обгоняя время, «подарил» инженеру 8 часов! Инженер получил возможность второй раз за эти сутки распорядиться временем от 10 до 18 часов! Пришлось еще раз обедать, но уже в Париже!

Чтобы эти картины стали реальностью, много работают ученые, инженеры, конструкторы во всех странах мира.

Техника помогает водить самолеты

В наши дни самолеты покрывают огромные расстояния. Днем и ночью при любой погоде они пересекают океаны и континенты, летают с околозвуковой или сверхзвуковой скоростью. Но это было бы невозможно, если бы одновременно с развитием основной авиационной техники — самолетов и двигателей — не развивалась и техника, которая помогает водить воздушные корабли. Руководствуясь показаниями различных приборов, экипаж контролирует и регулирует работу двигателей и других механизмов; ориентируется в пространстве; определяет и при необходимости изменяет направление, скорость и высоту полета; с помощью радиостанций он держит связь с землей.

Высота, скорость и курс самолета определяются и выдерживаются в полете *навигационно-пилотажными* приборами. К ним относятся указатели скорости, высотомеры, компасы, часы, авиагоризонты и многие другие.

Указатель воздушной скорости — это *манометр*. Он воспринимает давление встречного потока воздуха — аэродинамическое давление. У прибора 2 стрелки — широкая и узкая. Во время разбега самолета на аэродроме летчик следит за широкой стрелкой указателя, которая показывает приборную скорость. Когда она дойдет до определенной черты, т. е. когда самолет наберет взлетную скорость, можно отрывать самолет от земли. В полете летчик также пользуется показаниями этой стрелки для контроля работы двигателя.

С высотой плотность воздуха уменьшается, а значит и давление его встречного потока. Поэтому при одной и той же скорости полета самолета показания указателя скорости на высоте будут меньше, чем у земли. А для определения пройденного расстояния штурман должен знать истинную воздушную скорость полета, поэтому указатель скорости автоматически учитывает это изменение и стрелка показывает истинную воздушную скорость полета.

Но движение самолета относительно Земли — путевая скорость — зависит еще от ветра. Попутный ветер увеличивает скорости относительно земли, встречный — уменьшает, боковой — сносит самолет в сторону от курса. Влияние ветра на полет самолета учитывается с помощью специальных оптических или радиолокационных устройств.

На какой высоте летит самолет? Это можно узнать с помощью *барометрического высотомера* — прибора, который реагирует на атмосферное давление, уменьшающееся с высотой. Разность давления на высоте полета и на каком-то исходном уровне, например на уровне аэродрома, и определяет высоту полета.

Но как узнать высоту, например, над горами? Ведь нам неизвестно атмосферное давление на уровне вершины горы! Тут на помощь приходит *радиовысотомер* — маленький радиолокатор. Он посылает радиоимпульсы к земле и определяет время их прохождения от самолета до земли и обратно. Скорость радиоволны известна — 300 000 км/с, — значит, легко можно высчитать высоту полета, что и определяется в самом приборе.

В полете самолет должен быть устойчив — «сохранять горизонт», как говорят летчики. Когда земля видна, это нетрудно сделать по видимому впереди горизонту. А вот в облаках и ночью ощущения обманывают. Если ориентироваться по своим чувствам, легко может показаться, что самолет валится на крыло или задирает нос. Чтобы не ошибиться, летчику необходим авиагоризонт. Главная деталь его — *гироскоп*. Он напоминает обыкновенный волчок, ось вращения которого имеет свойство всегда сохранять

Кабина пилотов самолета ТУ-144. Командир корабля и второй пилот располагаются в удобных креслах (они видны на переднем плане). Для каждого пилота имеются свои приборные доски — на этом снимке они хорошо видны. Между креслами расположен пульт с переключателями и рычагами, которыми могут пользоваться оба пилота. Вы хорошо видите четыре белых рычага — с их помощью управляют двигателями.

Пульт управления автопилотом. Автопилот ведет самолет без вмешательства пилота, точно выдерживая заданную траекторию полета самолета.

Индикатор кругового обзора панорамного радиолокатора.
Внизу: авиагоризонт.

Указатель скорости. Снимок сделан на аэродроме; самолет неподвижен, обе стрелки на нуле.

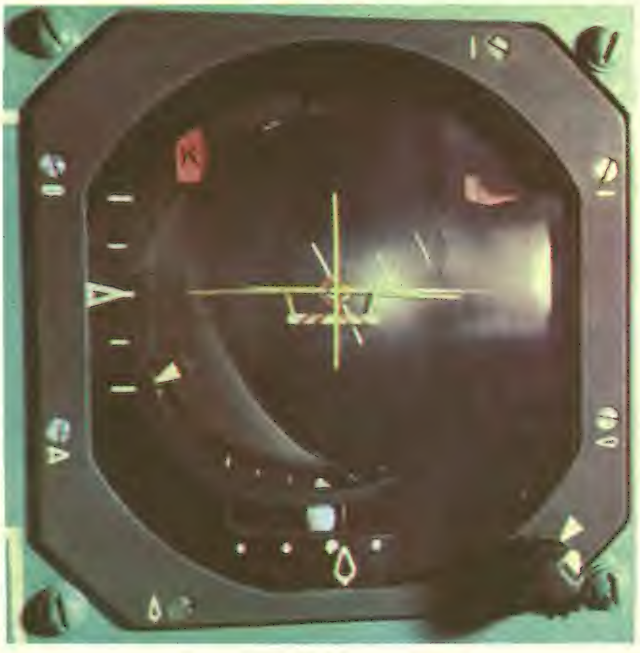
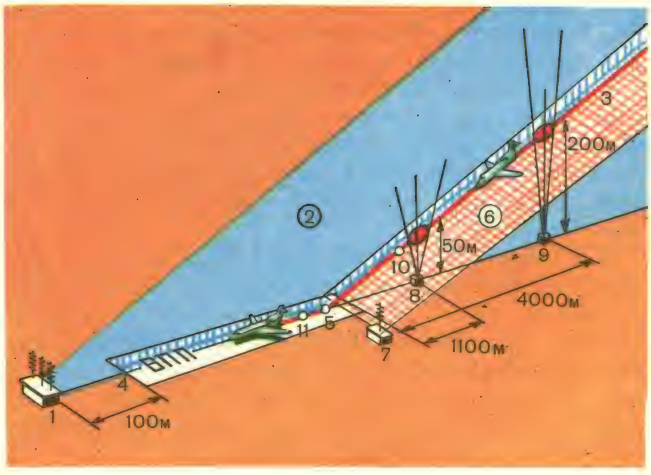


Схема слепой посадки самолета: *1* — курсовой радиомаяк; *2* — курсовая зона; *3* — глиссада; *4* — взлетно-посадочная полоса; *5* — точка касания; *6* — глиссадная зона; *7* — глиссадный радиомаяк; *8* и *9* — маркерные радиомаяки; *10* — начало выравнивания; *11* — приземление.



свое положение в пространстве и показывать положение горизонта.

Полет продолжается. Но не сбились ли мы с курса? На этот вопрос нам дают ответ навигационные приборы — *различные компасы*: магнитные, гироскопические, радио-, астрокомпасы и др. Основной современный авиакомпас *гироиндукционный* — это соединение курсового гироскопа и дистанционного магнитного компаса, работающего на взаимодействии электрического тока с магнитным полем Земли,

иначе говоря — на принципе электромагнитной индукции.

Направление полета штурман определяет по карте, измерив угол между меридианом и линией, соединяющей пункты вылета и назначения,— путевой угол.

Для дальних полетов маршрут разбивают на участки и находят путевые углы для каждого участка. Но ветер сносит самолет с намеченной линии пути. Поэтому штурман, чтобы правильно рассчитать курс, должен определить угол отклонения самолета от линии пути из-за ветра — угол сноса и вычесть его из путевого угла, определенного по карте.

При хорошей видимости угол сноса можно определить простым оптическим прибором — *навигационным визиром.* В него хорошо видно отклонение линии курса от населенных пунктов, озер, изгибов рек и других ориентиров. Если же земля не видна, на помощь приходит радиолокационный визир, на экране которого видны изображения земных ориентиров.

Легко вести самолет, когда пункт назначения не очень далеко и там работает радиостанция, а на самолете есть приемник с рамочной антенной — *радиокомпас.* Если плоскость рамочной антенны перпендикулярна продольной оси самолета и направлению на радиостанцию, стрелка индикатора радиокомпаса будет стоять на нуле. Это значит, что самолет летит на радиостанцию.

Местонахождение самолета при полете в облаках, за облаками и ночью можно определять с помощью *радиолокационного визира* — самолетного панорамного радиолокатора кругового обзора. Антенна локатора, вращаясь, облучает земную поверхность, и отраженные от земли радиоволны дают на экране радиолокатора изображение земных объектов: берегов морей, рек, озер, городов, которые уже можно сличить с картой.

Для определения местонахождения самолета служат и различные радионавигационные системы. Простейшая из них — *радиопеленгационная.* Если 2 приемника с рамочными антеннами настроить на 2 земные радиостанции, то они покажут направление на них. И местоположение самолета штурман сможет определить по пересечению на карте направлений (пеленгов) на эти земные радиостанции.

Можно и наоборот: пеленговать самолетную радиостанцию наземными станциями — *радиопеленгаторами* и передавать штурману либо пеленги от каждой станции, либо непосредственно координаты самолета, определенные одновременно по пересечению пеленгов двух станций.

Астрономический компас позволяет измерять и сохранять направление полета, определяя угол между осью самолета и направлением на какое-либо небесное светило (Солнце, Луну, планеты, звезды) — курсовой угол светила. При этом автоматически вносятся поправки на суточное вращение Земли и изменение географической широты места.

С помощью астрономического оптического прибора — *авиасекстанта* измеряют угловую высоту светила над горизонтом. Зная угловую высоту и точное время ее определения, рассчитывают линию положения самолета. Пересечение двух таких линий определяет место самолета в данный момент.

Астроориентаторы автоматически выдерживают направления на светила и непрерывно показывают координаты самолета.

Навигационный индикатор, получая данные от компаса, указателя скорости, учитывая направление и скорость ветра, непрерывно вычисляет пройденное самолетом расстояние в определенном направлении и выдает на индикатор текущие координаты самолета.

Существуют приборы, использующие для вычисления пути сумму ускорений самолета. В основе их работы лежит использование явлений инерции. Измеритель ускорений — *акселерометр* отмечает малейшие ускорения самолета. Интеграторы суммируют эти ускорения и получают скорость перемещения самолета в пространстве. Счетно-решающее устройство по скорости и времени полета определяет место, где находится самолет.

Чтобы облегчить работу летчика, на современных самолетах устанавливают *автопилот,* который может вести самолет без вмешательства человека. Автопилот точно выдерживает заданный курс, скорость, высоту, горизонтальное положение самолета. Если самолет отклонился от курса, приборы автопилота немедленно сообщают об этом счетно-решающему устройству. Оно точно определяет, на какой угол нужно повернуть руль, чтобы самолет лег на правильный курс, и дает команду электрической рулевой машине. По команде летчика автопилот выполняет виражи, подъем и спуск. При дальних полетах большую часть времени ведет самолет не летчик, а автопилот.

...Мы прилетели. Нужно садиться на аэродром. Погода плохая. Ночь. Но техника приходит летчику на помощь и в этом случае. Сначала 2 *приводные радиостанции* — дальняя и ближняя — с помощью радиокомпаса «выводят» самолет точно к аэродрому и указывают ему курс на посадочную полосу, ее направление. Специальная аэродромная радиолокационная станция показывает линию снижения (глиссаду снижения), направленную под определенным

углом к земле, следуя по которой самолет даже при низкой облачности выходит точно к началу посадочной полосы на высоте 20—30 м. При этом индикатор радиокомпаса должен стоять на нуле, тогда будет выдержано направление по курсу.

Радиомаяки различного назначения показывают направление полета или рубежи полета при снижении.

Здесь рассказано лишь о немногих, самых основных приборах и системах, помогающих водить самолеты. Но, как вы видите на фотографии приборной доски самолета, их значительно больше. Экипаж пользуется не одним, а несколькими способами определения навигационных элементов полета. Ведь полет может проходить над районами магнитных аномалий или в высоких географических широтах, где нельзя пользоваться магнитными компасами из-за искаженного или слабого влияния на них магнитного поля Земли, за пределами поля действия радиотехнических систем, когда не видно небесных светил. Кроме того, и приборы могут «ошибаться» из-за радиопомех, неточности пеленгации на больших расстояниях и т. п. Вот почему необходимы дублирующие средства для определения курса и местонахождения самолета.

Аэродром

Первым самолетам для взлета и посадки хватало лужайки, лишь бы не было на ней канав и кочек. Современным воздушным лайнерам нужны уже громадные летные поля, площадь которых измеряется многими тысячами гектаров. Размеры аэродромов становятся со временем все внушительнее: воздушный порт Руасси во Франции, который недавно вошел в строй, по территории равен трети Парижа!

Что это, стремление поразить мир?

Нет. Это не что иное, как «производственная необходимость».

Дело в том, что взлетная и посадочная скорость современных самолетов — 200—300 км/ч. Поэтому разбег на взлете и пробег после посадки у таких машин измеряется сотнями метров, и взлетно-посадочные полосы приходится делать длиной около 3 км, а то и больше. А таких полос на современном аэродроме бывает не одна, а несколько...

Итак, главное на аэродроме — это взлетно-посадочные полосы (ВПП). На маленьких аэродромах их делают земляными, а чтобы земля не размокала, заливают битумом. На крупных же аэродромах ВПП сооружают из железобетона. Однако в любом случае основное требование — горизонтальность. Полоса должна быть гладкая и не иметь большого уклона.

Чтобы самолеты могли садиться ночью и в плохую погоду, на подходах к ВПП, на расстоянии около 1000 м от ее торца, с обеих сторон устанавливают посадочные *огни приближения*. Это ровная цепочка прожекторов, расположенная точно по осевой линии полосы. Перпендикулярно огням приближения устраивают 5—6 *световых горизонтов:* по их взаимному расположению летчик определяет, идет ли самолет к земле под нужным *углом глиссады* (см. ст. «Техника помогает водить самолеты»). Все эти огни красного цвета и видны с расстояния в несколько километров.

Однако летчик ориентируется не только по огням, но и по *радиомаякам,* стоящим вблизи ВПП. *Курсовой маяк* указывает самолету направление на осевую линию ВПП, а *глиссадный* задает траекторию снижения.

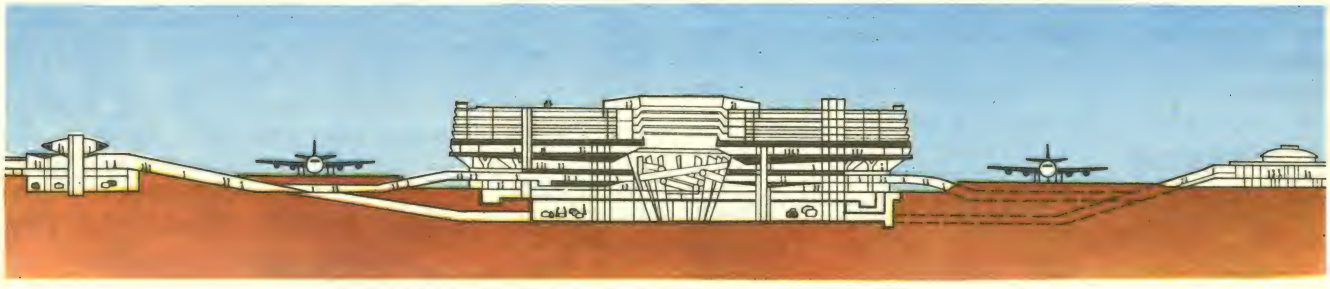
Есть на аэродроме и *радиолокатор кругового обзора*. Он показывает на экране воздушную обстановку в зоне аэродрома: где именно, на каких высотах и с какими скоростями летят самолеты. Благодаря этому локатору диспетчер может управлять движением так, чтобы самолеты все время находились на безопасном расстоянии друг от друга.

От взлетно-посадочной полосы к местам стоянки и зданию аэровокзала идут рулежные дорожки. По сравнению с ВПП они более узкие и ограждены синими огнями. По ним самолеты либо рулят сами, используя тягу своих двигателей, либо буксируются машиной-тягачом.

Над всеми зданиями высится застекленная башня, откуда открывается вид на весь аэродром,— это *командно-диспетчерский пункт*. Там сидит дежурный по полетам, который управляет движением самолетов по всей территории аэропорта, дает разрешение выруливать на старт, взлетать и садиться. Авиадиспетчер — обычно сам опытный летчик. Он хорошо знает, в чем особенности работы пилота на взлете и посадке, и поэтому летчики с полным доверием относятся к его советам и приказам.

Каждый самолет сразу же после посадки осматривают, проверяют работу оборудования и приборов. Такой же осмотр делается и перед полетом. Кроме того, через определенное число часов, проведенных самолетом в воздухе, устраивают более тщательную проверку — *регламентное обслуживание*. Все эти работы делаются в особой *технической зоне,* на открытых стоянках или в огромных закрытых помещениях — ангарах.

Современный аэродром. На схеме *(внизу)* показано внутреннее устройство здания аэровокзала и подземные переходы в зоны посадки и высадки пассажиров.



После того как самолет зарулит на стоянку, к нему подъезжает топливозаправщик. Таким гигантским машинам вроде ИЛ-62, ТУ-144 нужно для заправки 70—80 т топлива. Приходится подгонять к самолету не один, а 4—5 заправщиков. Это неудобно, и потому на новейших аэродромах топливо подается к стоянкам по подземным трубопроводам.

Во время технических осмотров самолет нужно питать электроэнергией, заправлять сжатым воздухом, различными жидкостями. Все это делают с помощью специализированных автомобилей: у одного в кузове установлены аккумуляторы или небольшой бензиновый двигатель с электрогенератором, у другого — баллоны со сжатым воздухом, у третьего — баки с жидкостями и наносы.

Зимой, когда идет снег, не обойтись без снегоочистителей и машин с реактивными двигателями в кузове: струей этих двигателей сдувают снег и лед с ВПП и рулежных дорожек, с фюзеляжей, крыльев и оперения самолетов на стоянках. Поэтому при аэродроме всегда имеется довольно большая автобаза с различными автомобилями.

В отдалении от зданий и самолетов расположился склад топлива и масел. Его легко узнать по громоотводам, обступившим его со всех сторон.

Самолеты перевозят не только пассажиров, но и различные грузы — приходится рядом с пассажирским аэровокзалом строить здание грузового порта со складами и площадками для хранения.

Таким образом, аэропорт — это не только летное поле и аэровокзал, а еще и масса других разнообразных служб, без которых современные самолеты не смогли бы регулярно и безопасно перевозить пассажиров и грузы.

Автомобильный транспорт

Автомобили вчера, сегодня, завтра

Немного истории

Первый экипаж с механическим двигателем назывался по-французски «вуатюр отомобиль» (коляска самодвижущаяся); затем «вуатюр» для краткости отбросили и осталось только слово «отомобиль», которое, в свою очередь, берет начало от греческого «ауто» (сам) и латинского «мобилис» (подвижной).

Построить самодвижущуюся коляску, *автомобиль*, пытались уже очень давно, и очень многие изобретатели. Даже в XVII в. были люди, оспаривавшие честь называться создателями экипажа, в который не нужно запрягать лошадей. Такие экипажи передвигались усилиями самих пассажиров или стоящих на запятках лакеев. В 1769—1770 гг. французский инженер Никола-Жозеф Кюньо построил первый паровой автомобиль-тягач для артиллерийских орудий. Машина Кюньо хранится в Парижском музее искусств и ремесел, а ее изображение стало эмблемой французского общества автомобильных инженеров. Но эта машина еще не была автомобилем в том смысле, как мы понимаем это слово сегодня. Не были настоящими автомобилями и английские паровые омнибусы XIX в. Паровая машина была слишком тяжела, требовала большого запаса воды и топлива, длительной подготовки к действию — разведению паров.

Паровые омнибусы двигались медленно, разрушали и без того плохие дороги. Они не выдержали соревнования с железными дорогами и с появившимися в 80-х годах автомобилями, для которых источником энергии служил двигатель внутреннего сгорания. Этот новый двигатель был сравнительно легким, мощным и всегда готовым к действию. Все же паровая машина сыграла важную роль в автомобильной технике. С ее помощью была доказана сама возможность механического передвижения, были опробованы и усовершенствованы механизмы будущего автомобиля — рулевая трапеция, дифференциал, тормоза. Осталось от нее и слово «шофер», что по-французски означает «кочегар».

Изобретателями автомобиля считаются немцы Карл Бенц и Готлиб Даймлер. Их повозки, в отличие от множества других, оказались работоспособными и были запатентованы в 1885 г.

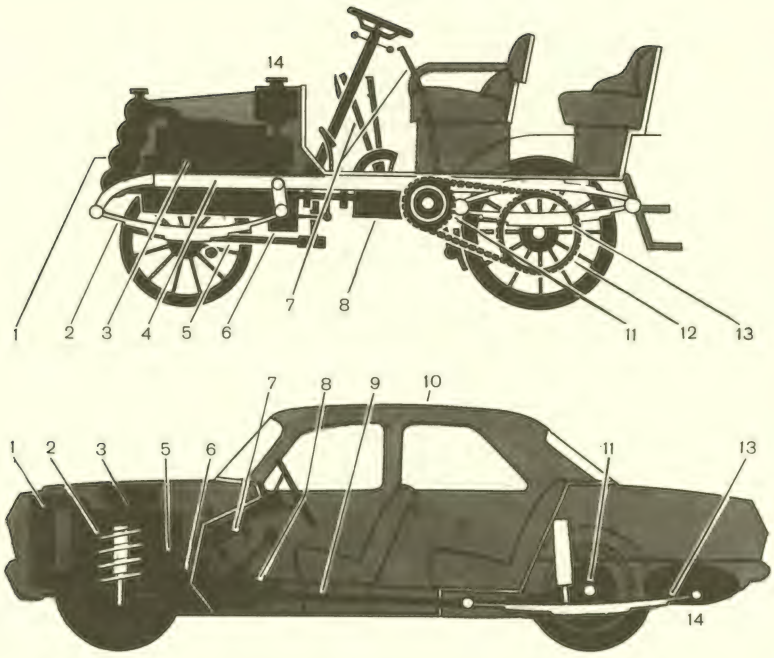
Первые автомобили выглядели очень смешно по нашим меркам. Это были обыкновенные кареты и коляски, только без вожжей, оглоблей и с бензиновым двигателем вместо лошадей. Надо заметить, что в конструкции автомобиля и по сей день сохранилось многое от коляски, конечно в измененном виде: колеса, оси, рессоры, рама, кузов, тормоза. В кузове помещаются пассажиры или груз, а колеса и оси служат для того, чтобы кузов с нагрузкой мог передвигаться по дороге. Колеса и оси подвешены к раме на рессорах. Эта система подвески поглощает удары колес на неровной дороге, защищает кузов от тряски. Подобную задачу выполняют и надетые на колеса и наполненные сжатым воздухом шины, которые появились почти одновременно на экипажах, велосипедах и автомобилях в конце XIX в. Тормоза служат для замедления хода автомобиля, вплоть до полной остановки. Когда-то их делали в виде колодок, или башмаков, которые кучер (или шофер) прижимал к шинам посредством рычага. Первые автомобили были открытыми, и, чтобы защититься от ветра, дождя, пыли и грязи, автомобилисты надевали тяжелые меховые шубы, кожаные шлемы и большие очки. Позже появилось ветровое стекло, а затем и застекленный закрытый кузов для пассажиров. Шофер, как и кучер, продолжал мерзнуть на открытом «облучке».

Двигатель ставили под сиденьями или между ними, передачу движения от него к колесам осуществляли ремнями или цепью, как у велосипеда, а для управления применяли либо поворотную ось, как у пролеток, либо одно переднее (велосипедное) колесо. Все эти устройства не оправдали себя: увеличивавшийся в мощности и размерах двигатель не размещался под сиденьем, ременная и цепная передачи оказались ненадежными, единственная передняя точка опоры не обеспечивала устойчивости автомобиля.

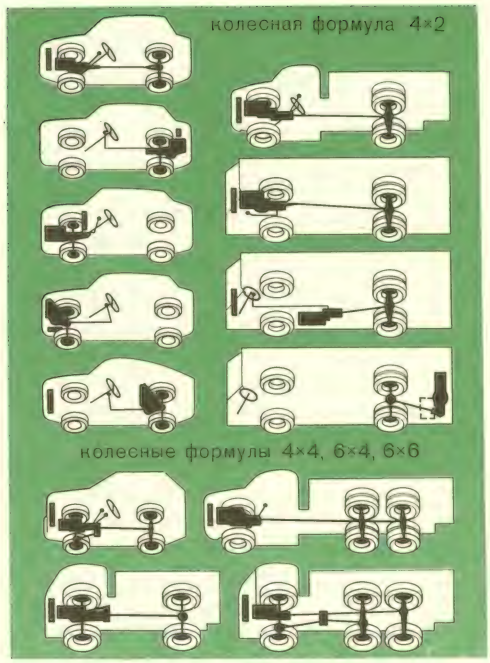
Пересмотр главных частей машины привел в начале XX в. к так называемой классической компоновке, применявшейся до недавнего времени почти на всех автомобилях. Двигатель и радиатор для его охлаждения расположены перед кузовом. Усилие от двигателя передается задним (ведущим) колесам через механизм сцепления, коробку перемены передач, карданный вал, главную передачу и полуоси заднего моста. Система рулевого управления воздействует на передние (направляющие) колеса.

К этому же времени относится окончательная победа бензинового автомобиля над соперничавшими с ним паровым и электрическим. Автомобили с двигателями внутреннего сгорания оказались удобнее в эксплуатации. Правда, сейчас, через три четверти века, вновь обсуждается вопрос о возвращении к паровым и особенно электрическим автомобилям, но причины этого иные, и о них речь впереди.

Ранний и современный автомобили «классической схемы» имеют немало общего, например расположение двигателя, привод на задние колеса. Но многое в корне изменилось: коробка перемены передач *8* присоединена к двигателю *3*, а главная передача и дифференциал *11* — к заднему мосту; цепная передача *12* уступила место карданной *9*, передние рессоры *2* — пружинам, открытый кузов — закрытому несущему *10*, к которому крепятся все механизмы, а рама *4* устранена. Прочие обозначения: *1* — радиатор охлаждения двигателя; *5* — рулевое управление; *6* — механизм сцепления; *7* — рычаги тормоза; *13* — задняя подвеска; *14* — бак для топлива.



Виды компоновок современных автомобилей и их колесные формулы. На двух нижних правых схемах дано сравнение длины платформы при капотной компоновке и при передней кабине.



Вначале автомобили изготовлялись в маленьких кустарных мастерских, где все делалось вручную, а поэтому и автомобили стоили очень дорого.

В царской России серийное производство автомобилей было налажено только в 1908 г. на рижском Русско-Балтийском вагоностроительном заводе. Но и там почти все части машины делались вручную, и за 7 лет завод выпустил около 500 легковых и грузовых автомобилей. Один из них демонстрируется в Государственном политехническом музее в Москве.

Первые автомобили советского производства — грузовой АМО-Ф15 и легковой НАМИ-1 — выпускались в 1924—1930 гг. в Москве, а массовое производство автомобилей началось в СССР после реконструкции завода АМО (ныне завод имени Лихачева — ЗИЛ) и постройки Нижегородского (ныне Горьковского) автозавода. К концу 30-х годов выпуск автомобилей в нашей стране достиг 200 тыс. в год. Уже тогда автомобили играли важную роль в народном хозяйстве — перевозили пассажиров в городах, миллионы кубических метров грунта на стройках первых пятилеток, доставляли на заготовительные пункты значительную часть урожая.

Значение отечественной автомобильной промышленности особенно возросло в годы Великой Отечественной войны. За годы войны автомобили перевезли свыше 145 млн. т военных грузов. Никогда не забудется подвиг автомобилистов на Дороге жизни — трассе, проложенной зимой 1941—1942 гг. по льду Ладожского озера для снабжения осажденного фашистами Ленинграда и для эвакуации на Большую землю его жителей. На автомобили устанавливали гвардейские минометы — знаменитые «катюши». Фронт получал от заводов броневики, полугусеничные артиллерийские тягачи, штабные и другие машины.

После войны наступил новый период развития советской автомобильной промышленности. Построены десятки заводов. *Легковые автомобили* выпускают теперь в Москве, Горьком, Запорожье, Ижевске, Луцке, Тольятти, Ульяновске; *грузовые* — в Москве, Горьком, Минске, Ульяновске, Миассе, Кременчуге, Кутаиси, Ереване, Набережных Челнах; *самосвалы* и другие *специальные* автомобили — в Жодине, Могилеве, Брянске, Мытищах (под Москвой), Саранске, Луцке, Фрунзе; *автобусы* — во Львове, Ликине (не-

далеко от Москвы), Павлове-на-Оке, Кургане, Риге, Энгельсе. Наша промышленность выпускает более 30 основных моделей автомобилей и сотни их разновидностей, а всего — более 2 млн. машин ежегодно.

Какие бывают автомобили

Издавна определились 3 основных вида автомобилей: *транспортные* (легковые, автобусы, грузовые), *специальные* и *гоночные*.

Легковыми считаются пассажирские автомобили с числом мест не более 8. Еще одним важным показателем легкового автомобиля считается *рабочий объем цилиндров* двигателя. Рабочий объем одного цилиндра — это произведение площади днища поршня на ход поршня от самого нижнего до самого верхнего положения. Иногда этот объем называют *литражом*. Отсюда пошли названия «малолитражный», «микролитражный». Прогресс техники привел к тому, что на 1 л рабочего объема приходится мощность 35 кВт и более (например, у «Москвича»), и даже небольшие по литражу двигатели стали пригодными для установки на большие быстроходные автомобили. *Литраж* теряет свое значение как мерило качества легкового автомобиля и сохраняется для условного деления на классы — особо малые автомобили, малые, средние, большие.

Основное назначение *малого автомобиля* — быть машиной для индивидуальных владельцев. Миллионы советских людей получили возможность быстро

Автомобильные двигатели

Двигатели эти бывают 3 видов: *бензиновые, дизельные* и *газовые*. Первые работают на бензине, вторые — на дизельном топливе (соляровом масле), третьи — на генераторном или сжиженном газе.

Основа любого двигателя — *блок цилиндров* — чугунная отливка с отверстиями (цилиндрами), в которые при сборке вставляются поршни. В последнее время все чаще блок отливают из алюминия, а чугунными делаются только стенки цилиндров — *гильзы*, которые запрессовывают в блок цилиндров.

В блоке может быть 4, 6 или 8 цилиндров (и соответственно поршней). Большее или меньшее число цилиндров встречается очень редко.

Каждый поршень связан с *коленчатым валом* с помощью *шатуна*. Один конец шатуна свободно качается внутри поршня на стальном пальце, а другой — опирается на шейку коленчатого вала с помощью подшипника. Сам коленчатый вал прикреплен к блоку цилиндров на нескольких *коренных подшипниках*. На заднем его конце насажен *маховик*, а на переднем — *шестерня:* она приводит во вращение *кулачковый валик*, управляющий *клапанами*, и насос, который впрыскивает в цилиндры двигателя горючее.

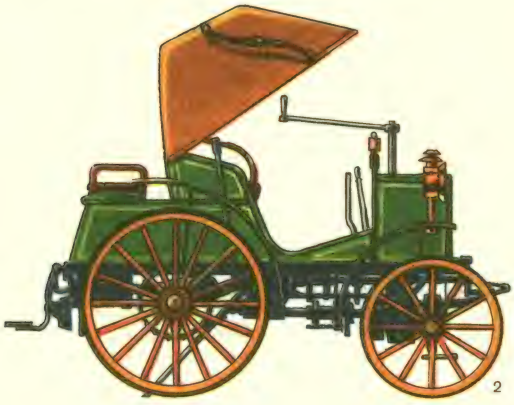
В цилиндрах двигателя сгорает смесь топлива и воздуха. Если эту смесь приготовляет особый блок — *карбюратор*, двигатель называют *карбюраторным*. Если горючая смесь образуется прямо в цилиндре, куда под давлением впрыскивается топливо в предварительно сжатый воздух, двигатель называют двигателем *с непосредственным впрыском*. Бензиновые двигатели по большей части карбюраторные, дизели — исключительно с непосредственным впрыском.

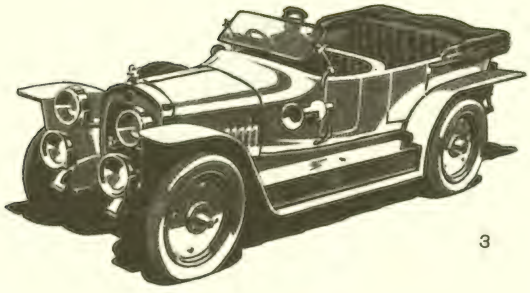
Чтобы двигатель заработал, нужно воспламенить горючую смесь, находящуюся в цилиндрах. У бензиновых и газовых двигателей для этого служит *система зажигания:* высоковольтная катушка, вырабатывающая электрический ток напряжением около 20 кВ; *распределитель*, направляющий ток высокого напряжения к нужному цилиндру; *свечи зажигания*, между электродами которых проскакивает электрическая искра, поджигающая горючую смесь. У дизельных двигателей воспламенение происходит само собой, потому что топливо впрыскивается в цилиндр, когда воздух там от сжатия нагревается до нескольких сотен градусов Цельсия.

Температура образующихся в цилиндрах двигателя газов при сгорании топлива достигает 2500° С. Чтобы он не расплавился, его охлаждают водой, которую насос подает через отверстия — водяную рубашку — блока цилиндров. Горячая вода охлаждается в радиаторе и снова поступает в рубашку. Можно охлаждать цилиндры и воздухом от вентилятора — так устроено охлаждение у «Запорожца».

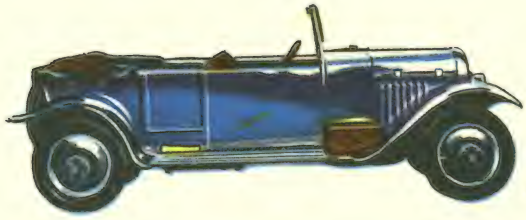
Из истории автомобиля: *1* — первый трехколесный «Бенц» (Германия, 1885); *2* — «Панар-Левассор» (Франция, 1895) с двигателем спереди, шестеренной трансмиссией, рулевым поводком и «горным упором»; *3* — фаэтон «Руссо-Балт» (Россия, 1911). Первые автомобили советского производства: *4* — АМО-Ф15; *5* — НАМИ-1; *6* — ГАЗ-А. Автомобили конца 30-х годов: *7* — пятиместный ГАЗ-М1; *8* — шестиместный ЗИС-101; *9* — четырехместный КИМ-10. Первый в мире легковой автомобиль массового производства с несущим кузовом, не имеющим «крыльев»,— ГАЗ-М20 «Победа» (1945) — *10*.

1


2


3

4

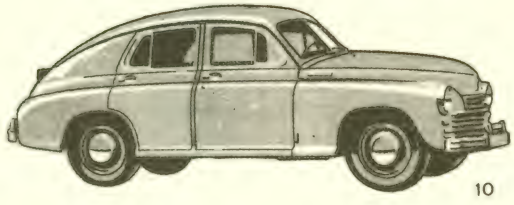

5

6

7

8

9


10

и с удобствами ездить на работу и с работы, совершать интересные путешествия в выходные дни и во время отпусков. То же назначение и у *среднего автомобиля,* но он может использоваться и учреждениями, и как такси (например, «Волга»). Примерами *больших автомобилей* служат «Чайка» и ЗИЛ-114.

Чтобы точнее описать легковой автомобиль, указывают тип его кузова. Выработано несколько наиболее практичных типов кузова. Все они закрытые, имеют обтекаемую форму, хорошо защищают пассажиров от ветра и непогоды, а их жесткий стальной корпус заменяет прежнюю раму: колеса с подвеской и все прочие механизмы автомобиля крепятся непосредственно к кузову. Кузов с 2 рядами сидений и 4 дверями (по две с каждой стороны) называется *седаном.* Это слово произошло от названия старинных крытых носилок — паланкина. Если за спинкой сиденья водителя имеется застекленная перегородка, то кузов называется *лимузином;* обычно в нем три ряда сидений, причем в среднем ряду сиденья откидные. *Купе* (в переводе с французского — укороченный, отрезанный) — это кузов с 2 дверями, иногда с более покатой, чем у седана, крышей и тесным задним отделением, предназначенным для детей.

В последнее время получили распространение кузова типа *универсал* и *комби* (с наклонной задней стенкой). По форме они напоминают грузовой фургон, но застеклены, оборудованы складными сиденья-

Краткие данные о легковых автомобилях советского производства

Класс автомобиля и колесная формула	Марка и модель	Число мест	Тип кузова	Мощность двигателя, в кВт	Максимальная скорость, в км/ч	Расход топлива, в л/100 км на шоссе	Завод-изготовитель
Особо малые 4×2	ЗАЗ-968 «Запорожец»	4	Двухдверный седан	33	123	5,9	«Коммунар», г. Запорожье
	ВАЗ-2101 «Жигули»	5	Седан	45,5	140	8,0	Волжский автозавод, г. Тольятти
	ВАЗ-2102 «Жигули»	5 или 2+290 кг	Универсал	45,5	140	8,0	
Малые 4×2	ВАЗ-2103 «Жигули»	5	Седан	56,5	150	8,0	Волжский автозавод
	«Москвич-412»	5	Седан	55	140	8,8	Московский автозавод имени Ленинского Комсомола и Ижевский автозавод
	«Москвич-427»	5 или 2+400 кг	Универсал	55	140	8,8	
	ИЖ-2125	5 или 2+400 кг	Комби	55	140	8,8	Ижевский автозавод
Средние 4×2	ГАЗ-24 «Волга»	5—6	Седан	70	145	8,0—10,0	Горьковский автозавод
	ГАЗ-24-02 «Волга»	5—7 или 2+500 кг	Универсал	70	145	8,0—10,0	Горьковский автозавод
Большие 4×2	ГАЗ-13 «Чайка»	7	Седан с откидными сиденьями	143,5	160	14,0	Горьковский автозавод
	ЗИЛ-114	7	Лимузин	221	190	19,0	Московский автозавод имени Лихачева
	ЗИЛ-117	5	Седан	221	200	18,0	
Повышенной проходимости 4×4	УАЗ-469	7 или 2+600 кг	Фаэтон	53	100	12,0	Ульяновский автозавод им. В. И. Ленина

ями, дверями сбоку и в задней стенке. Универсалы применяются и для пассажирских, и для грузовых перевозок (отсюда их название).

Легковые автомобили Ульяновского автозавода, выпускаемые для работы в сельской местности, имеют кузова типа *фаэтон* (со съемными матерчатыми боковинками).

Пассажирский автомобиль с числом мест не менее 9 считается *автобусом*. У городского автобуса — 2—3 широкие двери для быстрой посадки и высадки пассажиров; число сидений ограниченно, чтобы предоставить больше места стоящим пассажирам в часы «пик». По перевозкам пассажиров в городах нашей страны автобусы занимают первое место среди всех видов транспорта. В больших городах применяются так называемые *сочлененные* автобусы, состоящие из головной машины и прицепа, соединенных между собой гибким переходом.

У междугородных и туристских автобусов кузов обтекаемой формы с одной-двумя дверями, имеются удобные сиденья с откидными спинками (как в самолетах), а расстояние между сиденьями по ширине сведено к минимуму, так как оно предназначено только для прохода пассажиров к сиденьям, но не для стояния во время движения. В СССР тысячи автобусных линий, связывающих крупные города с районными и районные между собой.

Служебные автобусы (обычно это автобусы малой вместимости, так называемые микроавтобусы) обслуживают аэродромы, гостиницы, работают как маршрутные такси.

Главный показатель *грузового автомобиля* — его *грузоподъемность*. Наиболее массовые советские грузовые автомобили ГАЗ и ЗИЛ отличаются сравнительно высокой грузоподъемностью — 4 и 5 т. Их очень эффективно используют для работы в крупных колхозах и совхозах, для централизованных перевозок промышленных грузов. Ту же работу выполняют еще большие автомобили Минского, Кременчугского, Камского и других заводов. Кроме того, они предназначены для магистральных междугородных и международных перевозок. Основные типы советских грузовых автомобилей вы можете посмотреть на схеме (стр. 431), а их грузоподъемность — в таблице.

Второй характерный признак грузового автомобиля — его *компоновка*, которую можно сразу определить по расположению кабины. При *капотной компоновке* кабина расположена позади двигателя, при *вагонной компоновке* — над двигателем, сбоку или впереди него (так называемая *передняя кабина*). Автомобиль с передней кабиной более короткий и поворотливый, чем капотный (при равной длине кузова), или имеет больший кузов при равной длине автомобилей. Однако при передней кабине увеличена нагрузка на передние колеса и уменьшена на задние, что особенно сказывается, если автомобиль идет порожняком. Ухудшается сцепление задних (ведущих) колес с грунтом, затрудняется движение по вязким и скользким дорогам. Поэтому передние кабины применяются пока главным образом на автомобилях, предназначенных для хороших дорог (если ведущие колеса — только задние), или в сочетании с приводом на все колеса. Чтобы улучшить распределение нагрузки по колесам, у некоторых новейших автомобилей с передней кабиной двигатель установлен под платформой — приближен к задним колесам. Передней кабиной снабжены машины Ульяновского, Минского, Кутаисского, Горьковского (ГАЗ-66) и Камского автозаводов. У большинства этих автомобилей кабина откидывается на шарнирах, чтобы облегчить доступ к расположенному под ней двигателю.

Основные типы советских грузовых автомобилей (грузоподъемность в т)

Завод-изготовитель	С бортовой платформой	Седельные тягачи	Автосамосвалы	Повышенной проходимости
Ульяновский	1,0	—	—	0,8
Горьковский	4,0	8,0	3,5	2,0
Московский имени Лихачева	5,0	12,4	4,5	3,5
Уральский	7,5	18,5	—	5,0
Минский	8,0	17,7	8,0	4,0
Камский	8,0	19,0	7,0	—
Кременчугский	12,0	30,0	11,0	7,5

Третий важный признак грузового автомобиля — *тип его кузова*. Наиболее распространенный кузов — *платформа с откидными бортами*. Она постепенно уступает место специальным кузовам: *фургонам* — для перевозки товаров широкого потребления; *холодильникам, или рефрижераторам,*— для перевозки скоропортящихся грузов; *цистернам* — для перевозки жидкостей, цемента, пылевидных грузов; *самосвальным кузовам* — для строительных и дорожных работ, перевозки сыпучих грузов, для горных разработок.

Автомобили-самосвалы стали самостоятельным видом машин, существуют заводы специально для их

производства. Хороший самосвал (например, БелАЗ-548) отличается от грузового автомобиля не только кузовом. У него одноместная кабина, укороченная база (расстояние между передней и задней осями), размеры кузова точно согласованы с вместимостью ковша экскаватора, на совместную работу с которым рассчитан этот самосвал. Нужно, чтобы в кузов полностью входило содержимое одного ковша, не меньше и не больше. Растет размах строительства, растут размеры экскаваторов и их ковшей, должны расти и самосвалы. Теперь у нас выпускаются самосвалы грузоподъемностью 3,5; 4,5; 8; 11,0; 25; 40; 75; 100 и даже 125 т.

Особую группу автомобилей образуют *седельные тягачи с полуприцепами* (автопоезда). Грузоподъемность автопоезда почти в 2 раза больше, чем грузового автомобиля, на основе которого сделан тягач, так как тягач может не только везти груз на себе, но и тянуть за собой. Достоинство полуприцепа заключается еще и в том, что во время его погрузки и разгрузки тягач можно отцепить, чтобы он совершил поездку с другим полуприцепом. Для устойчивой стоянки без тягача полуприцеп снабжен передними опорными колесами. На базе грузовых автомобилей ЗИЛ, МАЗ, КрАЗ, КАЗ, «УРАЛ» и КамАЗ выпускаются мощные тягачи. По нашим магистралям идет сплошной поток автопоездов и грузовых автомобилей с прицепами.

Всякий автомобиль характеризуется *колесной формулой*. Она состоит из 2 чисел, разделенных знаком умножения. Первое число показывает количество колес у автомобиля, а второе — количество колес, к которым подводится усилие от двигателя. Сдвоенные задние колеса грузовых автомобилей и автобусов считаются как одно. Легковые и грузовые автомобили общего назначения построены по формуле 4×2. У автомобилей высокой проходимости оба числа одинаковые (4×4 или 6×6), т. е. усилие от двигателя подводится ко всем колесам.

Зная расположение кабины и колесную формулу грузового автомобиля, можно, как правило, представить себе все его строение. Для представления о легковом автомобиле этого недостаточно. Дело в том, что конструкторы в поисках наилучшего решения создали несколько схем расположения главных частей автомобиля. Кроме уже известной нам классической компоновки (двигатель спереди, ведущие колеса задние) распространены следующие схемы:

1) двигатель позади заднего моста, ведущие колеса задние;

2) двигатель спереди, ведущие колеса передние;

3) двигатель перед задним мостом, ведущие колеса задние.

Во всех трех случаях двигатель ставят либо продольно, либо, чаще, поперечно.

Первые две схемы обеспечивают лучшее, чем при классической компоновке, использование длины автомобиля. Машина при данных внутренних размерах кузова получается более короткой. Кроме того, можно опустить пол кузова, так как под ним нет передаточного (карданного) вала от двигателя к колесам. Четыре пятых всех автомобилей в Западной Европе строятся теперь по одной из этих схем. Из советских автомобилей двигатель расположен сзади у «Запорожца».

Сторонники второй схемы утверждают, что она дает автомобилю устойчивость на поворотах при высокой скорости и возможность лучше устроить кузова типа универсал и фургон. В то же время передние ведущие колеса теряют сцепление с дорогой на подъемах и при разгоне и требуют сложной конструкции ведущего моста.

Третья схема дает и устойчивость, и сцепление с дорогой, но двигатель занимает много места в кузове. Она широко применяется пока только на спортивных автомобилях. Конструкторы надеются, что в недалеком будущем можно будет уменьшить высоту и массу двигателя. Тогда автомобиль с расположением двигателя около заднего моста (перед ним или позади него) будет отвечать всем требованиям.

Здесь не описывается устройство главного агрегата автомобиля — *двигателя,* о нем вы прочтете в статьях «Двигатели, в которых работает пламя» и «Автомобильные двигатели», однако об особенностях двигателя, влияющих на компоновку и общую характеристику автомобиля, необходимо рассказать здесь.

На большинстве автомобилей установлены четырехтактные карбюраторные двигатели внутреннего сгорания с числом цилиндров от 4 до 8, редко 2 или 12—16, работающие на смеси бензина с воздухом. Большегрузные автомобили и некоторые автобусы снабжены двигателями-дизелями, работающими на тяжелых сортах топлива. Двухтактные двигатели широко применяются на мотоциклах, а на автомобилях очень редко. Топливо для двигателя заливают в бак, расположенный обычно в задней части кузова легкового автомобиля, под платформой или кабиной грузового. Из бака оно подается механическим (приводимым от двигателя) или электрическим насосом к карбюратору бензинового двигателя или насос-форсункам дизеля, распыляется и поступает в камеры сгорания цилиндров.

Двигатели бывают *рядные, V-образные* и *оппозитные.* У рядных цилиндры расположены в *один ряд* вертикально, наклонно («Москвич-412») или горизон-

Современные легковые автомобили советского производства: *1* — «Запорожец ЗАЗ-968»; *2* — «Москвич-412»; *3* — «Волга ГАЗ-24» с закрытым кузовом типа седан; *4* — «Жигули-2102»; *5* — «ИЖ-2125»; *6* — «Волга ГАЗ-24-02» с грузопассажирским кузовом типа универсал; *7* — «Жигули» повышенной комфортабельности (ВАЗ-2103); *8* — лимузин (с перегородкой) ЗИЛ-114; *9* — фаэтон (открытый кузов) на шасси повышенной проходимости УАЗ-469.

Основные типы современных советских грузовых автомобилей.

тально. У V-образных — в *два ряда* под углом 90 или 60°. У оппозитных два ряда горизонтальных цилиндров расположены *друг против друга*. V-образные и оппозитные двигатели отличаются малой длиной и поэтому выгодны при продольном их расположении: остается больше места для пассажиров или груза. Почти на всех советских грузовых автомобилях двигатели V-образные. Двигатели с горизонтальными цилиндрами отличаются малой высотой, их можно установить под полом кабины или кузова. Наклон цилиндров тоже уменьшает высоту двигателя. При поперечном расположении двигатель делают рядным, чтобы лучше использовать длину автомобиля.

Двигатель охлаждается жидкостью или воздухом. Преимущества жидкостного охлаждения — менее шумный двигатель, возможность хорошо обогревать кузов, сохранять температуру двигателя надолго после остановки. Преимущество воздушного охлаждения — меньшая масса двигателя, ведь при воздушном охлаждении не нужны ни радиатор, ни заполняющая систему охлаждения жидкость. На советских автомобилях применяется и та и другая система.

Итак, чтобы охарактеризовать в общих чертах автомобиль, нужно указать его вид, назначение, тип кузова, его вместимость или грузоподъемность, колесную формулу, расположение двигателя и кабины, вид охлаждения двигателя, для легковых автомобилей еще и рабочий объем двигателя.

Как работает автомобиль

У любого автомобиля есть *двигатель, кузов* и *колеса*. Это его главные части.

Усилие от двигателя колесам передает *силовая передача, или трансмиссия,* состоящая из механизма сцепления, коробки перемены передач, карданного вала, главной передачи, дифференциала и полуосей (на полуосях сидят задние колеса). Главная передача, дифференциал и полуоси заключены в кожух, и вся эта конструкция называется *задним мостом*. Есть и *передний мост:* на его осях сидят передние колеса, которые поворачиваются вправо и влево благодаря *системе рулевого управления*. У легковых автомобилей двигатель, коробка перемены передач, задний и передний мосты, рулевое управление — все это прикрепляется непосредственно к кузову, а у грузовиков — к прочной несущей *раме,* к которой крепятся также кузов и кабина.

Чтобы лучше познакомиться с тем, что происходит в механизмах автомобиля, и одновременно с работой водителя, совершим автомобильную поездку.

Поворот ключа в замке зажигания. Пошел ток из аккумуляторной батареи, заработал пусковой электродвигатель — стартер. Его шестерня вошла в зацепление с зубчатым венцом на маховике двигателя, маховик начал вращаться, и через секунду-другую двигатель заработал сам. Однако автомобиль еще стоит, так как в коробке перемены передач установлено положение холостого хода. Двигатель вращает только ведущий вал коробки перемены передач и насаженные на нем ведущие шестерни всех передач. Ведомый вал и насаженные на нем ведомые шестерни, связанные через карданный вал и задний мост с колесами, еще неподвижны.

Чтобы тронуть автомобиль с места, нужно соединить одну из пар шестерен в *коробке перемены передач*. Их можно ввести в зацепление, передвигая рычаг, который находится справа от водителя (на некоторых прежних автомобилях — под рулевым колесом). Но прежде необходимо приостановить вращение ведущих шестерен, т. е. временно отсоединить их от двигателя. Для этого водитель нажимает левой ногой педаль *сцепления*.

Автомобиль тронулся. Водитель еще несколько раз выключает сцепление и передвигает рычаг передач, пока автомобиль не разгонится до определенной скорости.

Для чего эти операции? Нужно напомнить, что всякую повозку — будь то тачка или автомобиль — легко катить после разгона, но трудно сдвинуть с места и разогнать, так как действует инерция покоя.

Сила двигателя рассчитана на движение автомобиля уже после разгона. А для разгона, движения на подъем и по трудной грунтовой дороге силу двигателя умножают шестерни коробки перемены передач (иначе пришлось бы ставить на автомобиль очень мощный и тяжелый двигатель). Как это происходит?

Из коробки перемены передач выходят 2 вала: первичный *(ведущий),* которым она присоединяется через механизм сцепления к двигателю, и вторичный *(ведомый),* к которому прикреплен карданный вал. На валах коробки сидят шестерни с разным числом зубьев. Чтобы стронуть автомобиль с места, водитель рычагом переключения передач вводит в зацепление самую маленькую шестеренку ведущего вала и самую большую ведомого. Поэтому ведомый вал вращается во столько раз медленнее ведущего, во сколько раз больше зубьев на большой шестерне, чем на маленькой, например в 4 раза. Но эта медленность вращения окупается тем, что усилие на ведомом валу оказывается вчетверо больше — и автомобиль легко преодолевает инерцию покоя.

Однако максимальная скорость на этой первой передаче получается очень небольшой, поэтому после недолгого разгона шофер расцепляет шестерни этой передачи и вводит в зацепление две другие, с меньшим соотношением зубьев,— *вторую передачу*, потом таким же порядком *третью* и, наконец, *четвертую*. На этой последней передаче отношение зубьев шестерен ведущего и ведомого валов равно единице, иными словами, карданный вал вращается с такой же частотой (в об/мин), с какой вращается вал двигателя. Значит, можно обойтись без шестерен, соединив валы напрямую *(прямая передача)* с помощью муфты.

Итак, автомобиль, как по ступеням, достигает нужной скорости. Отсюда и названия коробок перемены передач — трехступенчатая, четырехступенчатая, шестиступенчатая (последняя — у грузовиков). На каждой ступени водитель увеличивает частоту вращения двигателя, а на прямой передаче поддерживает скорость автомобиля, нажимая правой ногой *педаль подачи топлива — акселератор* (в переводе с латинского — ускоритель).

Шестерню заднего хода вводят в зацепление между ведомой и ведущей шестернями первой передачи, чтобы изменить направление вращения ведомого вала и колес.

Существуют автомобили, например легковые ЗИЛ-114 и «Чайка», автобусы ЛиАЗ и самосвалы БелАЗ, у которых коробка перемены передач автоматическая, так что водителю не нужно все время переключать передачи.

Конечно, такая коробка — сложное и дорогое устройство. Но она очень облегчает труд водителя, и поэтому ее ставят на автомобили все чаще и чаще.

Однако вернемся к обычной коробке перемены передач. Дело в том, что сразу ввести в зацепление шестерни нельзя: ведь одна из них вращается вместе с валом двигателя, а другая неподвижна. Если их включить, автомобиль резко рванется с места. Двигатель при этом может заглохнуть, а зубья шестерен от такого резкого усилия — сломаться. Как остановить вращение шестерен ведущего вала? Для этого его соединяют с валом двигателя не напрямую, а через *сцепление:* 2 диска, прижатых друг к другу пружинами. Первый диск — *маховик* — прочно связан с валом двигателя, второй — *диск сцепления* — с ведущим валом коробки перемены передач. Когда водитель нажимает ногой на педаль сцепления, диск сцепления отходит от маховика двигателя и перестает вращаться; останавливаются и шестерни в коробке. После включения передачи водитель плавно отпускает педаль. *Пружины сцепления* прижимают диск к маховику. Теперь вращение вала двигателя будет передано ведомому валу коробки и дальше колесам.

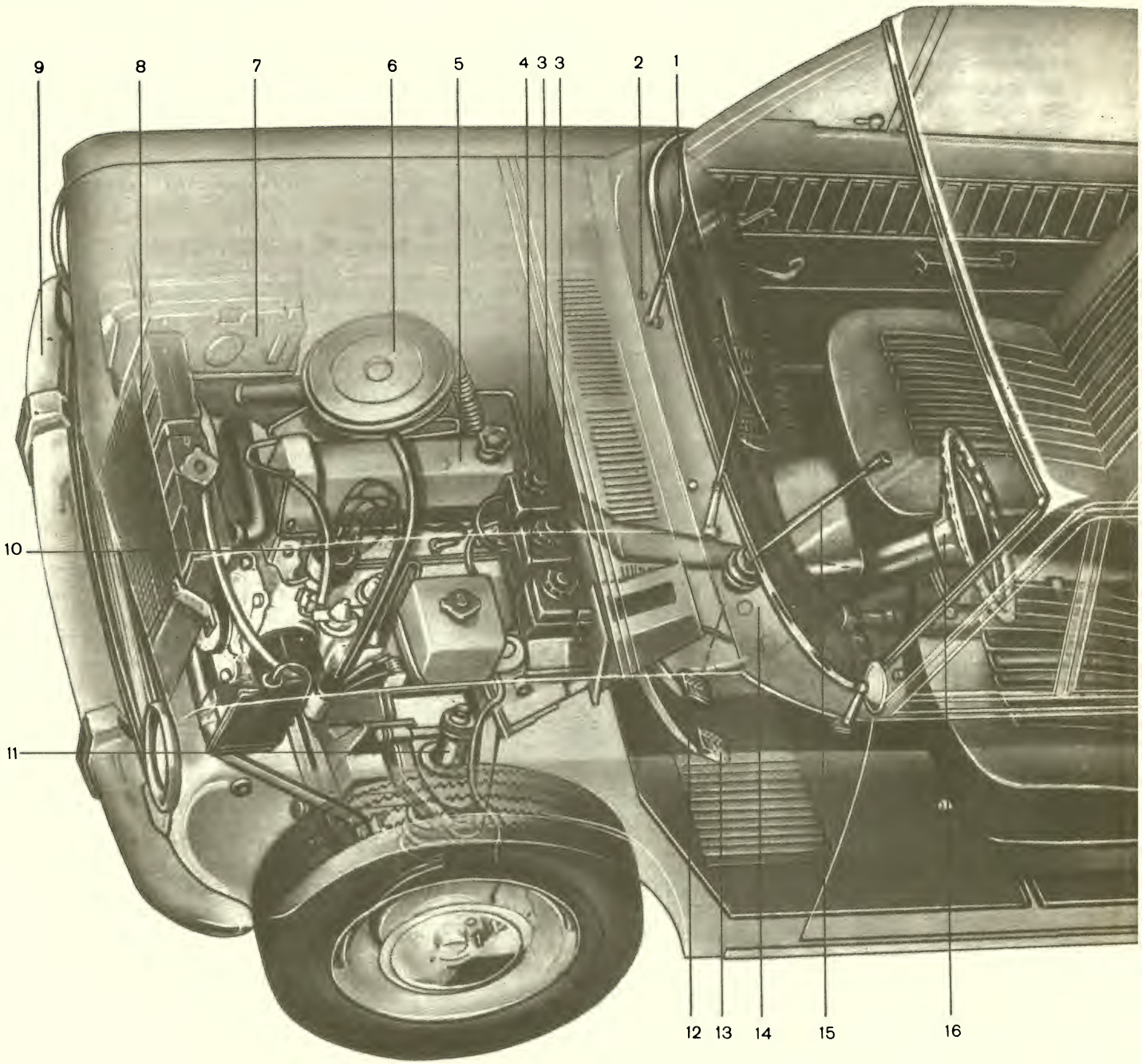
Карданный вал соединяет коробку с задним мостом. На обоих концах этого вала шарниры-карданы (по имени изобретателя Джованни Кардано), поэтому и вал называется карданным. Шарниры нужны для того, чтобы задний мост мог свободно ходить вверх и вниз на ухабистой дороге. Впервые карданы были применены для установки компаса на кораблях. Корабль раскачивается на волнах, а компас должен оставаться в горизонтальном положении. Так и в трансмиссии автомобиля: углы между валами коробки перемены передач, ведущей шестерни главной передачи и карданным валом все время изменяются, но валы остаются соединенными, при этом не ломаются и продолжают вращаться, передавая усилие.

Современные автомобильные двигатели развивают около 6000 об/мин, а их мощность достаточна для движения машины со скоростью 150—200 км/ч и более. Однако если мы измерим периметр окружности колеса обычных размеров, то увидим, что оно должно совершать на такой скорости всего 1500—2000 об/мин. Эта разница покрывается за счет еще одной пары шестерен, расположенной в *главной передаче* заднего моста. Число зубьев на ведущей шестерне главной передачи в 3—4 раза меньше, чем на ведомой. Тем самым на всех передачах увеличивается усилие, передаваемое от двигателя колесам.

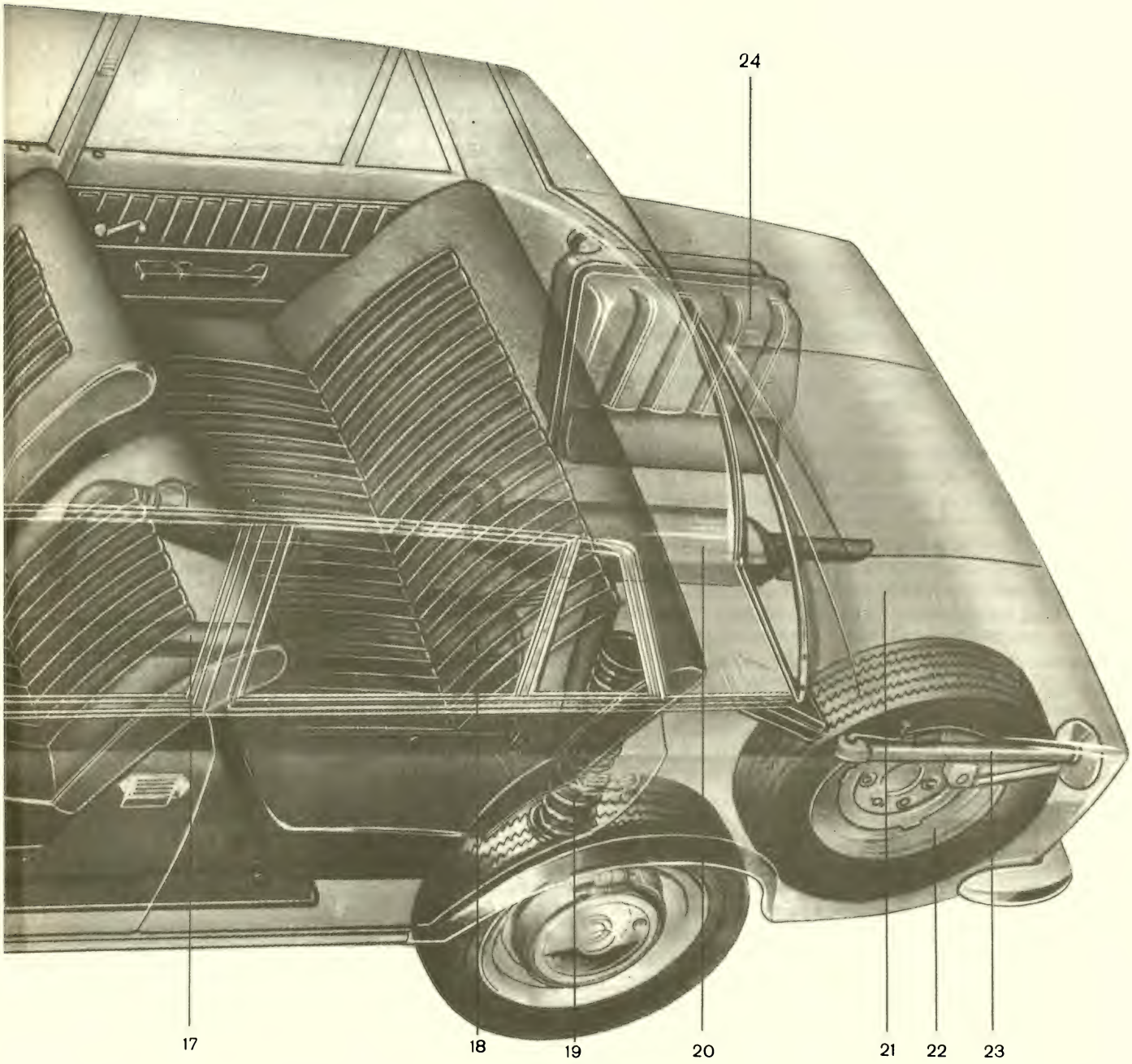
Итак, мы едем. Дорога прямая, но водитель то и дело немного поворачивает *рулевое колесо*. На автомобиль действуют внешние силы — боковой наклон дороги, неровности, порывы ветра. С помощью *системы рулевого управления* все время приходится держать машину «по курсу», тем более на поворотах. Система рулевого управления состоит из *рулевого колеса, вала, механизма* и *тяг,* идущих от механизма к передним *(направляющим)* колесам. Вращение рулевого колеса (например, для правого поворота — по часовой стрелке) передается валом на рулевой механизм, его рычаг *(сошка)* переводит поперечную тягу рулевой трапеции (влево), а тяга поворачивает передние колеса.

В момент поворота с колесами происходит нечто любопытное: левые (если машина поворачивает направо) вращаются быстрее правых. Это и понятно, ведь колеса должны идти по окружностям разной длины. Но как это достигается? Разгадка в том, что ось заднего моста не сквозная, а разделена на 2 *полуоси*. На внутренних концах полуосей насажены конические шестерни. Эти шестерни соединены между собой еще 2 коническими шестернями — *сателлитами,* которые насажены на короткий валик так, что

Схема автомобиля «Жигули ВАЗ-2101» — первенца Волжского автомобильного завода: *1* — щетка стеклоочистителя; *2* — распылитель омывателя ветрового стекла; *3* — бачки привода гидравлического тормоза; *4* — бачок привода выключения сцепления; *5* — двигатель; *6* — воздухоочиститель; *7* — аккумуляторная батарея; *8* — радиатор; *9* — буфер; *10* — распределитель зажигания; *11* — амортизатор; *12* — педаль тормоза; *13* — педаль выключения сцепления; *14* — коробка перемены передач; *15* — рычаг перемены передач; *16* — рулевое колесо; *17* — карданный вал; *18* — главная передача



и задний мост; *19* — пружина подвески; *20* — глушитель шума отработавших газов; *21* — багажное отделение; *22* — запасное колесо; *23* — домкрат; *24* — топливный бак.



могут свободно вращаться на нем. Такое соединение шестерен называется *дифференциалом* (от латинского слова «дифференс» — разница). Концы валика закреплены в цилиндрической коробке, на которой снаружи установлена ведомая шестерня главной передачи. Если автомобиль идет прямо, то коробка дифференциала вместе с его сателлитами и полуоси вращаются как одно целое, ось как бы не разделена. Но когда одно из колес замедляет свой бег, оно не мешает другому вращаться быстрее: просто сателлиты, которые раньше были неподвижны, начинают вращаться и как бы берут на себя разницу скоростей правой и левой полуоси.

Поворот пройден. Автомобиль попадает на разбитый участок дороги. Водитель лишь немного снизил скорость, однако машина едва заметно покачивается на выбоинах мостовой. Чем обеспечивается такая плавность хода?

Конечно же, *рессорами,* известными еще со времен конных экипажей! Но не только рессорами. Вместо прежних пакетов длинных стальных полос все большее распространение получают легкие и занимающие мало места *пружины,* скручиваемые стержни *(торсионы)* и даже *пневматические баллоны* (например, на автобусах Ликинского завода). Далее, в передней подвеске легковых автомобилей ось, на которую раньше опирались рессоры, устранена. Каждое колесо крепится к кузову на *качающихся рычагах,* а между рычагами и кузовом поставлены пружины. Это *независимая подвеска колес,* при которой колеса лучше приспосабливаются к неровностям дороги, причем кузов почти не кренится. Но и это не все. Внутри пружин (или около них, или над рессорами) установлены наполненные вязкой жидкостью цилиндры — *амортизаторы.* Они предназначены для того, чтобы колесо не подскакивало на большой скорости и чтобы кузов не раскачивался на рессорах и пружинах. Один конец амортизатора шарнирно закреплен на раме или кузове, другой — на качающемся рычаге подвески, или на кожухе заднего моста, или на передней оси (у грузовых автомобилей). Внутри амортизатора — 2 полости, разделенные клапаном. Амортизатор «разрешает» подвеске сработать однажды, при этом жидкость перетекает из одной полости в другую через открытый клапан, а обратное протекание жидкости происходит уже при закрытом клапане, через узкое отверстие, что сдерживает повторные колебания пружин или рессор.

Огромное значение для плавности хода автомобиля имеют *колеса* и особенно *шины.* Когда-то введение пневматических шин решило судьбу автомобилей. Без шин невозможно было быстро ездить. Теперь шины делают широкими, пухлыми, с большим внутренним объемом, а *диски колес* — все меньшими. Большой объем шины позволяет снизить давление воздуха в ней, шина становится более податливой, лучше поглощает неровности дороги. Раньше всякая шина состояла из *покрышки* и *камеры.* На многих нынешних шинах камера устранена. Покрышка плотно прилегает к ободу колеса и сама служит камерой. Она не сразу выпускает воздух в случае прокола, меньше нагревается во время движения (трение камеры о покрышку увеличивало нагрев). Но важнее всего то, что малое колесо с бескамерной шиной легче прежнего, оно с меньшей силой передает толчки на подвеску, ход машины становится еще более плавным. Правда, на очень плохой дороге с глубокими рытвинами малое колесо создает увеличенное сопротивление движению. Но обычный автомобиль редко попадает на такие дороги. Для них существуют автомобили высокой проходимости со всеми ведущими колесами, с крупными выступами — *грунтозацепами* на больших шинах. Типичные дорожные условия для автомобиля, на котором мы едем,— это асфальт, иногда укатанная проселочная дорога.

Наша поездка подходит к концу. Водитель снимает правую ногу с акселератора, ход машины замедляется. Затем нога переходит на среднюю, *тормозную педаль.* Чуть позже левая нога выключает сцепление, в коробке передач устанавливается холостой ход.

Вступают в действие *тормоза.* Движение педали толкает *плунжер* (поршень) *главного тормозного цилиндра.* Плунжер выжимает из цилиндра жидкость, ее давление передается по трубкам к *рабочим цилиндрам тормозных барабанов,* установленных на всех колесах. Поршни рабочих цилиндров раздвигают *тормозные колодки* (или скобу, если тормоз дисковый). Колодки прижимаются к внутренней поверхности барабанов. Между колодками и барабаном возникает трение. Накопленная автомобилем во время движения энергия расходуется на трение, а не на дальнейшее движение по инерции. Скорость падает. Еще немного, и автомобиль останавливается. Водитель выключает зажигание поворотом ключа, тянет на себя *рычаг стояночного тормоза,* который остается зафиксированным, чтобы автомобиль нельзя было стронуть с места без ведома хозяина или чтобы он не покатился под уклон.

В работе автомобиля участвует еще немало *осветительных, контрольных* и других приборов. На щите приборов перед водителем — *спидометр* (указатель скорости), указатели температуры воды, уровня бензина в баке, зарядки аккумулятора... Всего не перечислишь.

Работает и кузов. Его стальная оболочка напоминает ферму моста, только опорами служат не бетонные устои, а колеса с подвеской. Ферма несет на себе пассажиров, механизмы, воспринимает толчки от работы подвески, от замедлений и ускорений хода. В конструкции кузова есть и механизмы. Взять хотя бы дверь: тут и сложный, особо надежный замок, и подъемники стекол, и поворотная вентиляционная форточка, и хитроумные, скрытые под облицовкой петли, и ограничитель хода двери, и резиновый уплотнитель проема. Сложные устройства применены также для замка капота, для регулировки положения сиденья водителя. Еще более ответственными механизмами оборудованы самосвалы и другие специальные автомобили. У них есть многотонные гидравлические подъемники кузова, краны, лебедки.

Любой автомобиль — это целый комбинат механизмов и приборов.

Коротко о будущем

Проследив за развитием автомобиля в течение ряда лет, можно увидеть непрерывное увеличение скорости, быстроты разгона, улучшение удобств и безопасности, уменьшение удельного расхода топлива.

Легковые автомобили станут еще просторнее, а внешние размеры их не увеличатся: это произойдет потому, что двигатель будет располагаться не вдоль оси машины, а поперек и будет соединен в единый агрегат с ведущим мостом и коробкой передач. Колеса станут еще меньше, а ширина шин увеличится. Шины станут еще мягче, а от этого поездка в машине будет комфортабельнее. Широкое применение получит электроника: электронные приборы станут управлять зажиганием, работой двигателя, предотвратят заклинивание тормозов и позволят тормозить даже на самой скользкой дороге без опасности заноса, будут переключать свет с «дальнего» на «ближний» при разъезде со встречной машиной и т. д.

Серьезно усовершенствуются и грузовики. Кабина сместится еще дальше вперед, окажется перед колесами и опустится, а платформа разместится над кабиной водителя. Распределение массы по колесам станет равномерным. Доступ в кабину и к двигателю будет облегчен. Длина платформы увеличится.

Очень важной проблемой будет сочетание общественного и индивидуального транспорта. Каждый легковой автомобиль занимает на улице от 20 (на стоянке) до 250 м^2 (при движении). А перевозит-то он в среднем 2 человека. В результате «пропускная способность» улиц становится недостаточной, несмотря на регулирование уличного движения, устройство тоннелей и перекрестков на разных уровнях. Вместе с тем один автобус заменяет 3—4 десятка легковых автомобилей, занимая на улице в 5 раз меньше места. Поэтому автобусы будут непременно совершенствоваться, становиться все более удобными, быстроходными, а сеть их маршрутов будет все гуще. Это даст возможность людям при поездке на работу и с работы не пользоваться своими машинами, а ездить в общественном транспорте. Понятно, что для этого автобусов должно стать намного больше, чтобы в них не было давки, не было стоящих пассажиров. Изменятся и внешний вид и конструкция автобусов. Они станут ниже, к каждому ряду сидений будет свой вход, а прохода между сиденьями не будет.

Будут созданы и специальные «городские» машины — очень маленькие, с двигателем под кузовом. Такие машины короче обычного легкового автомобиля. Они будут использоваться и как такси, и как прокатные. Причем в прокатной достаточно 2 мест (для поездки по служебным делам или за покупками), и ее длина не превысит 2 м. Образцы таких машин уже испытываются и показывают хорошие результаты. Может быть, когда-нибудь они будут стоять вдоль тротуаров и ими сможет пользоваться каждый, имеющий удостоверение водителя. А его можно будет получить вместе с дипломом об окончании школы, сдав соответствующий экзамен.

Хорошо налаженный общественный транспорт уменьшит приток личных машин на центральные улицы города.

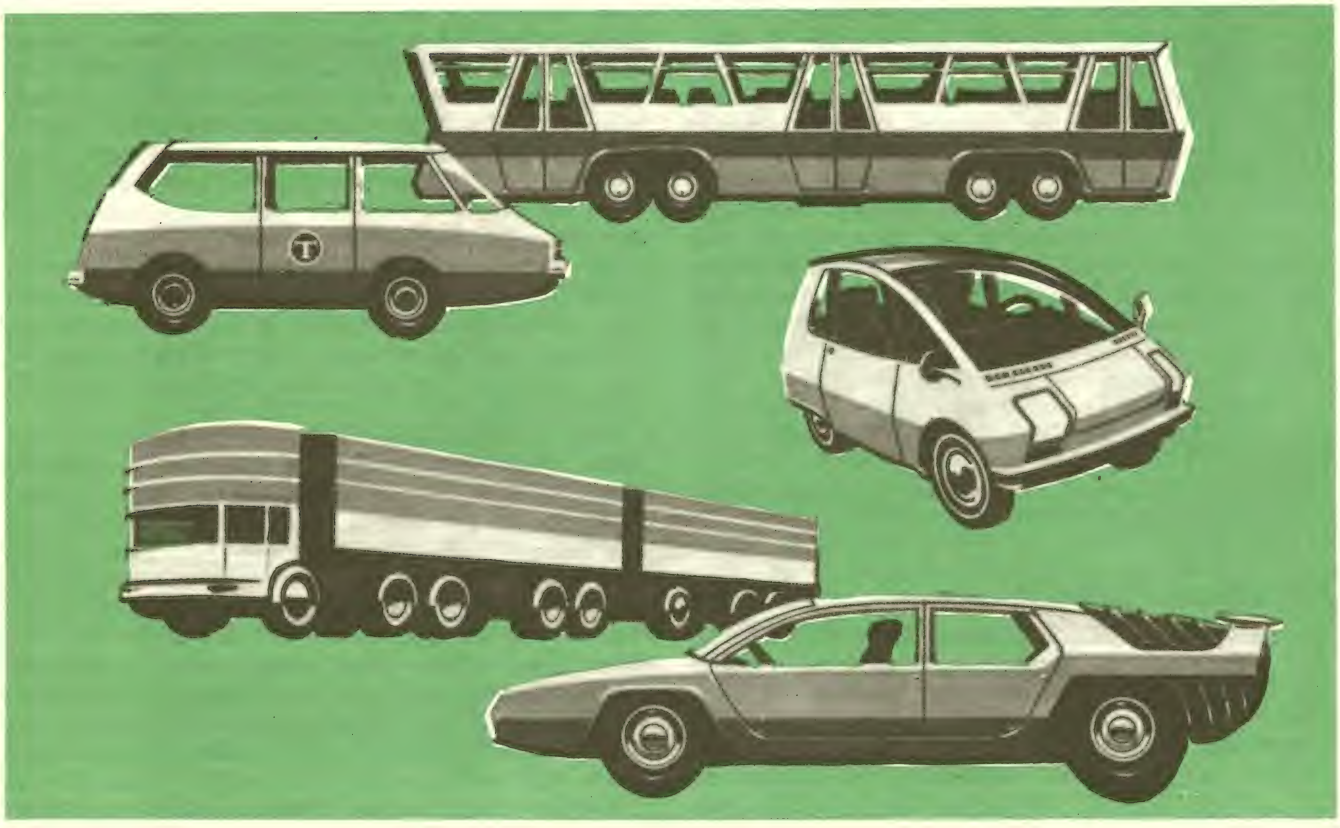
Заметную разгрузку улиц могла бы дать автоматизация управления автомобилем. Водители-автоматы работали бы точно и безошибочно, интервалы между машинами можно было бы сократить, а скорость увеличить.

И такие автоматы, несомненно, появятся. Автоматизация затронет прежде всего автобусы, развозные фургоны и другие машины, идущие по заранее определенным маршрутам. Водителей заменят электронные машины с программным управлением и радиолокаторами, предотвращающими наезды. Полосы движения автоматических автомобилей будут обособлены, да и пешеходы привыкнут к новому порядку, как привыкли к запрету звуковых сигналов.

Надо заметить, что автоматизация управления необходима и по другой причине. Число общественных машин растет, а рабочий день водителя-профессионала будет сокращаться. Может наступить момент, когда чуть ли не треть взрослого населения должна будет стать шоферами.

Другое дело — автомобили личного пользования. Во-первых, их движение почти невозможно програм-

Примерно так должны выглядеть автомобили будущего. *Сверху:* городские автомобили — автобус, такси и прокатная двухместная аккумуляторная «каретка»; *снизу:* междугородные автомобили — грузовой автопоезд и спортивно-туристский автомобиль.



мировать. Во-вторых, с их автоматизацией согласятся не все водители. Ведь управление автомобилем — это увлекательное занятие. Но в окружении автоматических автомобилей любителям нелегко будет соблюдать безопасность движения. Поэтому проезд по центральным улицам городов им, вероятно, будет запрещен. Уделом личных автомобилей станут воскресные и отпускные загородные поездки. Значит, для этих машин проблема сокращения размеров не очень существенна, их конструкция и внешний вид изменятся меньше, чем у «городских» автомобилей. Но и на личных автомобилях работа водителя будет облегчена и частично автоматизирована.

Ликвидация уличных заторов сама по себе уменьшит загрязнение воздуха в городах. Но этого недостаточно. Сейчас конструкторы усиленно работают над заменой двигателя внутреннего сгорания электрическим, питающимся током от аккумуляторных батарей. Задача заключается в том, чтобы сделать аккумуляторы легкими и продлить время их работы без подзарядки. Когда эта задача будет решена, появятся городские электромобили — такси, прокатные, автобусы, фургоны, очистительные машины. Электромобилю заправочная станция не нужна: он зарядит свои аккумуляторы от электророзетки.

Стоит свести воедино описание особенностей будущих автомобилей, и перед нами возникает картина города, по улицам которого быстро и бесшумно бегут эти машины, не оставляя дыма. Будет ли эта картина именно такой, или мы в чем-то ошиблись — покажет время.

Автомобильные дороги

Современная автомобильная дорога — это сложное сочетание инженерных сооружений. Она снабжена сигнальными знаками и указателями, наклонными виражами на поворотах, мостами вместо перекрестков. К ней относятся тротуары для пешеходов, велосипедные дорожки, разделительные полосы, автобусные остановки и автовокзалы, площадки отдыха,

станции технического обслуживания автомобилей (через каждые 100—200 км), заправочные колонки (через 30—80 км), моечные пункты и др.

Дороги делятся на 5 категорий. Дорога V категории — это спрофилированный и улучшенный местными материалами грунтовый путь, повторяющий обычно рельеф местности. При прокладывании дорог IV—III категорий сначала строят специальное земляное полотно, чтобы выровнять рельеф местности. Затем на это полотно укладывают покрытие из булыжника, щебня, гальки, пропитывают его иногда битумом или дегтем. Такая дорога допускает движение автомобилей со скоростью 80—100 км/ч.

Дороги II и I категорий покрывают асфальтобетоном или цементобетоном. Повороты на них имеют большие радиусы, уклоны незначительные. По таким дорогам машины могут двигаться с большой скоростью (120—150 км/ч) в любое время года, одновременно в несколько рядов.

Не выезжая за пределы современной автомобильной дороги, водитель может заправить машину топливом, произвести ее ремонт на станции обслуживания, пообедать и отдохнуть в гостинице для автомобилистов — *мотеле*.

Полотно дороги разделено зеленым газоном на 2 полосы — для движения в разных направлениях. А каждая из этих полос, в свою очередь, делится специальными линиями разметки надвое-натрое. Получается 4—6 полос. По крайним полосам каждой половины идут грузовые автомобили и автобусы, а по средним — легковые (во время обгона по этим полосам могут ехать любые машины).

Пересечения дороги с другими дорогами напоминают, если смотреть на них сверху, цветок с четырьмя круглыми лепестками. Эти «лепестки» и связывают пересекающиеся дороги. Сами же дороги не пересекаются: одна из них проходит над другой по мосту-*путепроводу*.

Приближаясь к крупному населенному пункту, дорога раздваивается: одно из направлений ведет в город, другое — в объезд города. По объездной дороге идут транзитные машины, минуя и без того заполненные автомобилями улицы.

Где автомобилей особенно много, есть дороги с 6 и 8 полосами движения, а в городах — пересечения на 3 и 4 уровнях.

Сложность сооружения таких дорог вполне оправдана. Двигаясь с большой скоростью по хорошим дорогам, автомобили расходуют относительно мало топлива, хорошо сохраняются, быстрее перевозят грузы. За 2—4 года расходы на строительство современных автодорог полностью окупаются.

Некоторые новейшие автомобильные дороги имеют не только разные полосы для встречных потоков движения, но и раздельные трассы, иногда отдаленные друг от друга на десятки и сотни метров. Это обеспечивает безопасность движения и одновременно позволяет улучшить профиль дороги и удешевить ее строительство.

Посредине автомобильной дороги или улицы (если нет разделяющего газона) проходит сплошная или пунктирная линия разметки. Она делит встречные потоки автомобилей. Пешеходам предоставлены «островки безопасности», площадки около остановок транспорта.

Если движение на одной из пересекающихся дорог заметно больше, чем на другой, то первая считается главной, обозначается особыми знаками, и движущиеся по ней автомобили имеют преимущественное право проезда.

На оживленных перекрестках движение автомобилей регулируют милиционеры или светофор, который имеет 3 или 4 фонаря. Свет в *зеленом* фонаре означает «путь свободен»; свет в *красном* — «проезд запрещен»; *желтый* свет предупреждает о перемене сигнала. Стекло четвертого фонаря имеет вид *стрелки*: она разрешает (если фонарь горит) поворот влево или вправо. Совершая поворот, водитель обязан пропустить пешеходов, идущих «на зеленый свет». Но и у пешеходов есть обязанности: соблюдать сигналы светофора, переходить улицы только в установленных местах.

Над улицами и по сторонам дорог установлены сигнальные знаки с условными обозначениями и надписями. Они предупреждают водителя о приближении к опасному месту *(треугольные знаки с красной каймой)*, запрещают проезд, стоянку, остановку или ограничивают скорость *(круглые знаки, красные или с красной каймой)*, указывают разрешенное направление движения *(круглые* и *прямоугольные знаки с белыми стрелами* и другими обозначениями на голубом фоне).

Линии разметки, эстакады и тоннели, светофоры и сигнальные знаки оберегают автомобилистов и пешеходов от опасности и дают возможность автомобилям двигаться быстро.

Техника на службе науки, искусства и быта

Техника медицины

Приборы — глаза и уши врача

С древнейших времен люди создавали приспособления и инструменты, помогающие врачам при лечении различных болезней. В раскопках Древнего Рима и Древнего Египта найдены инструменты для хирургических операций. Как правило, они делались из бронзы, были тяжелыми и, с современной точки зрения, неудобными; конечно, оперировать ими было нелегко.

Современные медицинские инструменты делают из нержавеющей стали или сплавов титана (титановые почти в 2 раза легче стальных и не ржавеют).

В наше время, когда на службу медицине поставлены достижения физики, химии, электроники, кибернетики и т. д., техника стала настоящим помощником врача.

Все технические средства, которые используют врачи, можно разделить на 2 большие группы. Одни помогают врачу *определить* характер заболевания, другие помогают *лечить* болезнь.

Медицинский инструмент, который остается в нашей памяти с раннего детства,— *стетофонендоскоп*. Он позволяет врачу прослушивать работу сердца и по характеру звуков (тонов) судить о его состоянии. Отсюда и название: «стетос» по-гречески — грудь, а «фоне» — звук.

Однако обследовать больного с помощью стетофонендоскопа довольно сложно. Врач должен обладать очень хорошим слухом, улавливать тончайшие оттенки сердечных звуков, иметь большой опыт работы, чтобы ясно представлять характер заболевания. Поэтому в помощь врачу создан прибор, позволяющий усиливать сердечные звуки,— *фонокардиограф*. Он воспринимает шумы сердца и преобразует их в электрические колебания, которые усиливаются и записываются на бумажной ленте. Анализируя запись, врач может определить нарушения в работе сердца.

Большую помощь врачу оказывают и *электрофизиологические приборы*.

В человеческом организме возникают чрезвычайно малые электрические токи. Биотоки каждого органа человека имеют свой особый характер. Кроме того, существует значительная разница в форме и размере силы биотоков здорового и больного органа. Таким образом, врач по характеру биотоков может судить о состоянии человека.

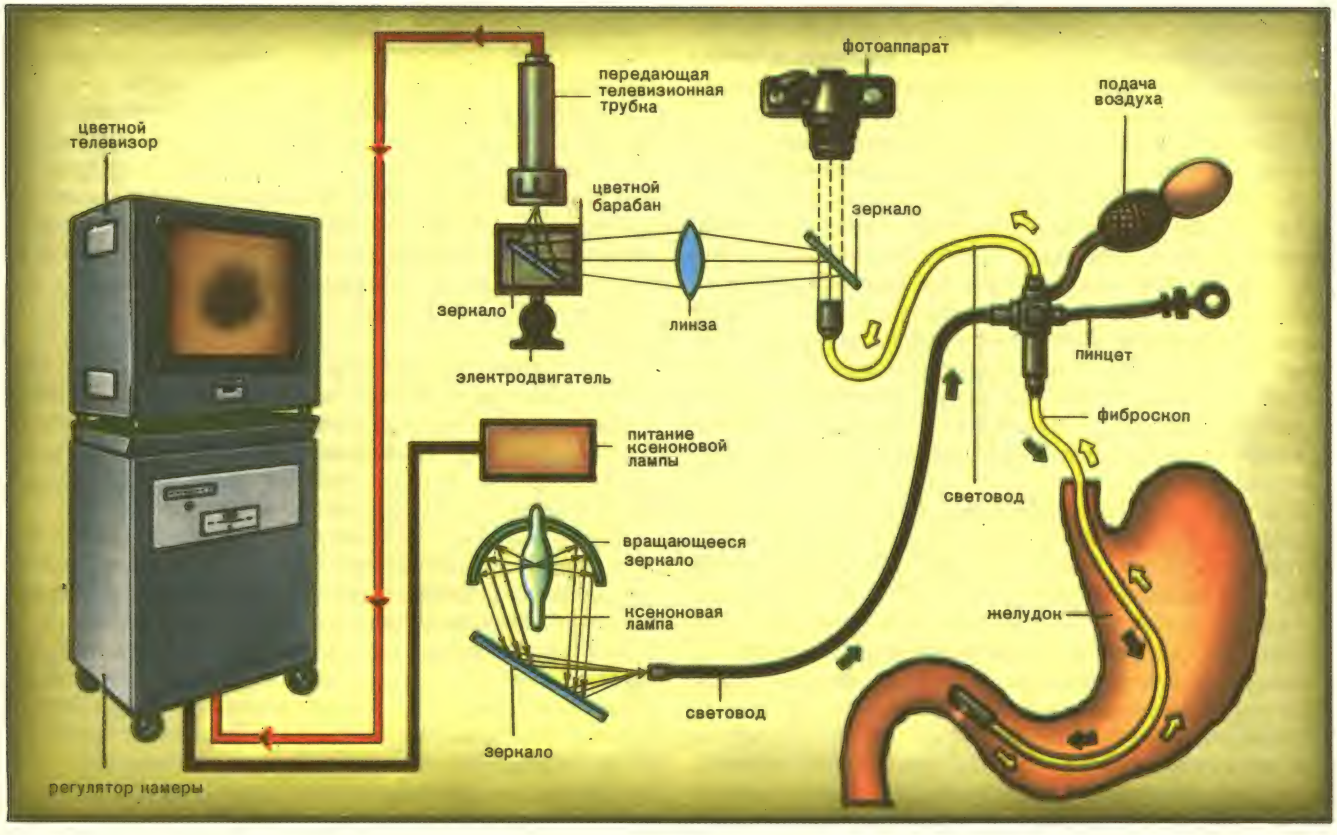
Для записи биотоков того или иного органа созданы различные приборы: *электрокардиографы* записывают биотоки сердца, *электроэнцефалографы* —

Древнеегипетские медицинские инструменты из бронзы.

Римские хирургические инструменты из бронзы.

Комплект современных медицинских инструментов для операций на сосудах головного мозга.

Схема телеэндоскопа. На экране цветного телевизора врачи видят исследуемый орган.



биотоки мозга, *электрогастрографы* — биотоки желудка, *электромиографы* — биотоки мышц.

Приборы для записи биотоков *выбирают* нужные для врача электрические колебания, *усиливают* их до необходимой величины и *записывают* на бумажную или фотографическую ленту в виде графиков.

При проведении сложных хирургических операций врачу необходимо следить одновременно за работой нескольких органов больного. Для этого со-

Электрокардиограф — прибор для записи биотоков сердца.

зданы специальные приборы — *полиграфы*, которые регистрируют на одну ленту работу сердца, частоту пульса, частоту дыхания, температуру тела, а также позволяют просматривать наблюдаемые процессы на экране электронного прибора — *осциллографа*.

В больших клиниках в послеоперационных палатах на помощь врачу приходят *автоматические системы наблюдения за больными*. Если, скажем, у больного нарушится ритм работы сердца, на центральном пульте у врача тогда раздается сигнал тревоги и он может быстрее принять нужные меры.

Если у больного плохо работает сердце, врач применяет *электростимулятор* — прибор, который посылает электрические импульсы сердцу и помогает ему справиться с болезнью. Если произошло нарушение в работе легких, то помогает *дыхательная аппаратура*, которая автоматически подает в легкие больного кислород.

В ноябре 1971 г. отмечалась 75-я годовщина открытия лучей Рентгена, благодаря которым врачи впервые смогли заглянуть внутрь человеческого тела, не повреждая его.

Различные органы и ткани человеческого тела по-разному пропускают рентгеновские лучи, и на экране или фотопластинке (ее называют *рентгеновским снимком)* остается изображение внутренних органов и костей больного.

В настоящее время область применения в медицине рентгеновской техники значительно расширилась. С ее помощью можно просмотреть почти все внутренние органы человека и даже мельчайшие кровеносные сосуды. При помощи электронно-оптических преобразователей черно-белые изображения рентгеновского снимка преобразуются в электрические сигналы и просматриваются на экране цветного телевизора, причем участки болезненного поражения окрашиваются в определенный цвет, и врач может сразу судить о размерах поражения. *Ангиографические* (по-гречески «ангио» — сосуд) установки позволяют определять закупорку тончайших кровеносных сосудов головного мозга.

Иногда, чтобы обследовать внутренние органы человека, врач прибегает к помощи *радиоизотопных устройств*, основанных на свойстве радиоактивных частиц неравномерно распределяться в здоровых и пораженных болезнью тканях. В обследуемый орган вводится безвредная для здоровья доза радиоактивного вещества, а затем врач с помощью счетчика радиоактивных частиц смотрит, как это вещество распределяется в организме.

Поставлен в последнее время на службу медицине и *ультразвук*. Применение его для диагностики основано на свойстве ультразвуковых волн отражаться от границ, разделяющих среды, имеющие даже очень небольшую разницу в плотности. Метод диагностики, основанный на ультразвуке, называется *эхоэнцефалографией*.

Ультразвуковые сигналы, используемые для диагностики, малы по мощности и не вызывают никаких нарушений в структуре мозга. Однако если сфокусировать несколько источников ультразвука в одной точке, то создается температура, разрушающая живые ткани. Это позволяет использовать ультразвук при лечении таких заболеваний, которые можно излечить, разрушив строго определенный участок мозга.

Некоторые заболевания внутренних органов человека, особенно в ранних стадиях, не всегда удается обнаружить с помощью всех этих способов. Иной раз необходимо обследовать непосредственно внутренние стенки органа. Врачи производят такое обследование с помощью *эндоскопа*.

В современном эндоскопе использованы возможности, которые дает исследователю *волоконная оптика*. Тонкий, гибкий *световод*, представляющий собой пучок стеклянных волокон из специального оптического стекла, вводится внутрь органа, например желудка. Световод выполняет одновременно 2 задачи — направляет свет для освещения внутренних стенок желудка и передает изображение исследуемого участка стенки желудка на фотокамеру или на приемную трубку телевизора. Применение телевизора позволяет получить значительное по размерам изображение, которое одновременно могут видеть несколько врачей, обследующих больного. Однако признаки, определяющие то или иное заболевание, порой очень схожи друг с другом. Из огромного числа одинаковых на первый взгляд признаков надо

выделить только те, которые указывают именно на данную болезнь.

Чтобы облегчить работу врача и избавить его от ошибок, присущих человеческой памяти, в некоторых клиниках уже начинают применять электронные вычислительные машины.

ЭВМ ставит диагноз

Представьте себе такую картину. В одну из больниц поступил больной в очень тяжелом состоянии. Местные врачи затрудняются точно поставить диагноз. Симптомы, обнаруженные у больного, характерны для нескольких заболеваний, но одно из них требует срочного хирургического вмешательства. Чтобы точно поставить диагноз, нужна консультация специалистов.

После запроса по телетайпу, направленного в диагностический центр, в одной из лабораторий больницы как бы «оживает» электрическая пишущая машинка. На вложенном в нее листе бумаги появляется запрос. Это центр просит уточнить некоторые неясные вопросы: подробнее рассказать о состоянии больного, о его самочувствии, точнее передать признаки его заболевания. Ответ больницы снова уходит в центр.

Проходит несколько минут, и вот уже машинка отстукивает диагноз. Больного доставляют в операционную и оказывают ему необходимую помощь.

Казалось бы, в описанном нет ничего удивительного, если бы не одно обстоятельство: в диагностическом центре у телетайпа... не было врача. Консультацию давала *сама* электронная вычислительная машина.

В памяти этой машины хранятся описания множества заболеваний в форме чисел, определяющих значимость отдельных симптомов для определенной болезни.

Для формирования такого машинного описания заболеваний были проанализированы сотни историй болезни, использован богатейший опыт ведущих хирургов нашей страны. Данные проверяли на сотнях больных, определяли, насколько правильно машина ставила диагноз. Таким образом происходило «обучение» машины.

Конечно, в настоящее время ЭВМ еще не может поставить диагноз по всем видам заболеваний, она пока только «учится», но перспективы ее применения огромны.

Техника помогает хирургу

Если раньше хирургическая операция была связана, как правило, с удалением того или иного органа или его части, то сейчас она все чаще носит характер *восстановительный*. Чуткие руки хирурга как бы заново создают пораженные болезнью органы. Восстанавливаются кровеносные сосуды и участки кишечника, заменяются искусственными сердечные клапаны, почки.

Необыкновенно возросшая сложность хирургических операций определила и облик современной операционной. Заглянем в эту комнату, самую светлую и чистую в любой клинике или больнице.

Центральное место здесь занимают операционный стол и необычного вида светильник над ним. Название «стол» осталось от старых времен и мало подходит к этому сверкающему эмалью и никелем сложному устройству. С помощью гидравлической системы, управляемой педалями, рабочая поверхность стола может быть установлена на любой удобной для хирурга высоте. Система рукояток и маховичков наклоняет поверхность стола под любым углом, превращает его в кресло, опускает или поднимает отдельные его части в зависимости от характера предстоящей операции.

Проведение хирургической операции невозможно без хорошего освещения операционного поля, того небольшого участка тела больного, на котором хирург сделает разрез и проникнет к оперируемому органу.

Светильник, освещающий операционное поле, должен обладать несколькими трудно совместимыми качествами. Он должен создавать яркую равномерную освещенность операционного поля и одновременно не давать тепла и тени, чтобы не перегревать тела оперируемого, а также головы и рук хирурга.

Этими качествами обладает один из лучших в мире советский *бестеневой светильник* «Свет-15». У него 13 мощных ламп, и каждая из них закрыта системой прозрачных теплозащитных фильтров. Дополнительные устройства, смонтированные в корпусе светильника, позволяют демонстрировать ход операции на экране телевизора, фотографировать и даже обеззараживать операционное поле и окружающий его воздух.

Дело в том, что светильник излучает ультрафиолетовые лучи, обладающие свойством убивать болезнетворные микробы.

Бестеневой светильник «Свет-15» ярко и равномерно освещает операционный стол.

Современный хирургический стол.

Рядом с операционным столом располагаются аппараты, обеспечивающие нормальный ход операции, а в случае необходимости способные даже заменить на время работу сердца и легких больного. *Аппарат искусственного кровообращения* готов в любую минуту взять на себя обязанности слабеющего сердца. *Аппарат «Искусственное легкое»* обеспечит нормальную работу легких в случае прекращения у больного дыхания.

Универсальный *аппарат для наркоза* подает к органам дыхания больного наркотизирующие вещества.

Пользуясь его показаниями, врач-анестезиолог следит за глубиной наркоза и в случае отклонения его от нормы соответственно изменяет дозу наркотизирующего вещества.

Лазер на службе медицины

Создание лазера и изучение его возможностей (см. ст. «Свет работает (лазер)» привело к возникновению нового раздела медицины — *лазерной хирургии*.

При помощи лазера хирург имеет возможность удалять предраковые кожные опухоли. Этот метод основан на свойстве темной ткани поглощать свет, а светлой — отражать. Предраковые образования на коже больного имеют, как правило, более темный цвет, чем здоровая ткань; в необходимых случаях пораженную поверхность тела подкрашивают искусственно.

Направленный на пораженный болезнью участок, *луч лазера* мгновенно разрушает его, не затрагивая здоровые участки ткани. Замечательно, что перерезаемые во время подобной операции мелкие кровеносные сосуды не кровоточат. Луч лазера моментально спаивает окончания поврежденных сосудов.

Луч лазера становится помощником и глазного хирурга. С его помощью может быть устранено такое повреждение глаза, как отслоение светочувствительной сетчатки — тонкой оболочки, воспринимающей созданное хрусталиком изображение,— от другого слоя глазной ткани — сосудистой оболочки. Тончайшим лучом лазера оба слоя свариваются друг с другом, и зрение восстанавливается.

Заглянем в будущее

Мы рассказали о приборах и аппаратах, уже применяемых врачами в клиниках. А теперь попробуем заглянуть в лаборатории, где создается медицинская техника завтрашнего дня.

Здесь мы увидим *миниатюрные электрические устройства, предназначенные для поддержания работы сердца, желудка и других органов человека.* Такой миниатюрный приборчик вживляется непосредственно в тело человека и в течение нескольких лет своими электрическими импульсами поддерживает уставшее сердце, помогая ему не сбиться с четкого ритма. Некоторые из этих устройств уже применяются и в клиниках.

Покажут нам и искусственную *электронную руку*, выполняющую почти все движения живой руки. Если мы заглянем внутрь такой руки, то увидим там сложные электронные схемы, выполненные на микроэлементах, целую систему микромоторчиков. Управляется все это сложное устройство биотоками мышц предплечья, оставшимися после ампутации части руки. Такую искусственную руку, первую в мире, создали советские инженеры и ученые. Сейчас они работают над тем, чтобы эта рука была так же удобна и надежна, как естественная.

Многие ученые мира трудятся над созданием устройств, подобных живому локатору летучей мыши, который помогает ей определять направление движения в темноте. Такой приборчик позволил бы слепому свободно передвигаться без помощи посторонних.

Химики работают над созданием синтетических материалов, способных заменять живые ткани кро-

Эту искусственную руку приводит в движение миниатюрный блок питания, который реагирует на биотоки в организме человека.

Этот прибор — реаниматор. Он помогает врачам восстановить работу сердца и легких в случае, если сердце остановится.

веносных сосудов и сердца. В результате этих интересных научных экспериментов врачи получат мощное оружие в борьбе с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Инженеры-связисты вместе со специалистами в области электронной вычислительной техники разрабатывают системы, которые позволят врачам вести с одного пульта постоянное наблюдение за несколькими хроническими больными.

Наше небольшое путешествие в будущее не фантазия. Все, о чем мы говорили, уже существует в исследовательских лабораториях.

Техника помогает изучать подводный мир

С древнейших времен люди проявляют большой интерес к морским глубинам. Сначала на морское дно — не очень глубоко, разумеется,— спускались ловцы моллюсков, губок, искатели жемчуга. Потом частыми гостями морских глубин стали моряки-водолазы, к ним присоединились подводники-спортсмены, охотники, археологи, океанографы и другие исследователи морских глубин.

Одно из самых древних приспособлений для спуска человека под воду — *водолазный колокол*. Сначала это был деревянный ящик без крышки. При погружении такого ящика вверх дном в нем остается воздушный пузырь, в котором может находиться и дышать водолаз. Водолазный колокол и в наши дни применяется для доставки водолаза к месту работы под водой.

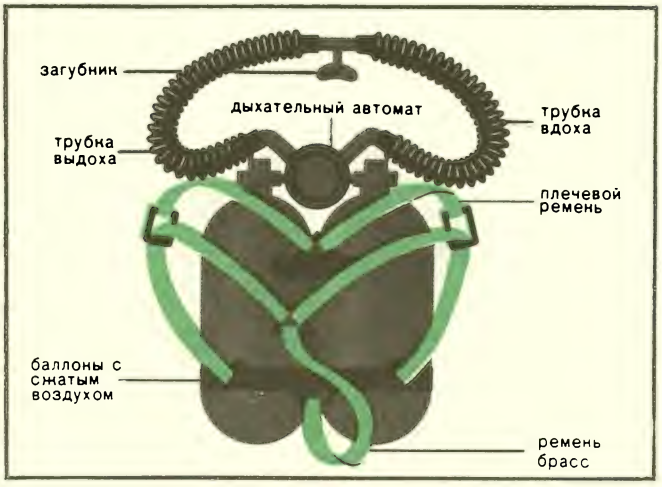
Постепенно техника для спуска людей под воду усовершенствовалась, появлялись новые аппараты. Наконец изобрели *мягкий скафандр*. Он состоит из резиновой рубашки и медного шлема со стеклянным иллюминатором. Воздух для дыхания водолаза подается с поверхности насосом по резиновому шлангу. Помогают удерживать вертикальное положение и препятствуют всплытию водолаза тяжелые стальные «галоши» и дополнительные грузы на поясе. До изобретения акваланга мягкий скафандр служил основным средством для погружения в воду на глубину около 100 м. Однако на таких глубинах водолаз в мягком скафандре может находиться очень недолго и его работоспособность весьма ограниченна, подъем на поверхность производится медленно из-за возможности появления кессонной болезни. Дело в том, что при дыхании под водой в крови растворяется больше воздуха, чем на поверхности. При слишком быстром подъеме водолаза с глубины растворенный в крови азот освобождается, образуя пузырьки газа, закупоривающие кровеносные сосуды. Это и есть кессонная болезнь, грозящая водолазу смертью.

Избавляет водолаза от давления и опасности кессонной болезни *жесткий скафандр*, состоящий из стального цилиндрического корпуса и шарнирно связанных с ним «рук» и «ног». В нем человек может долго находиться на глубинах до 200 м. Однако большой вес такого костюма (несколько сотен килограммов) не позволяет водолазу самостоятельно передвигаться на дне.

И мягкий и жесткий скафандры «привязывают» водолаза к судну: в подобных костюмах можно удаляться от судна лишь на длину шланга для подачи воздуха. Чтобы увеличить свободу передвижения под водой, человек должен взять воздух для дыхания с собой.

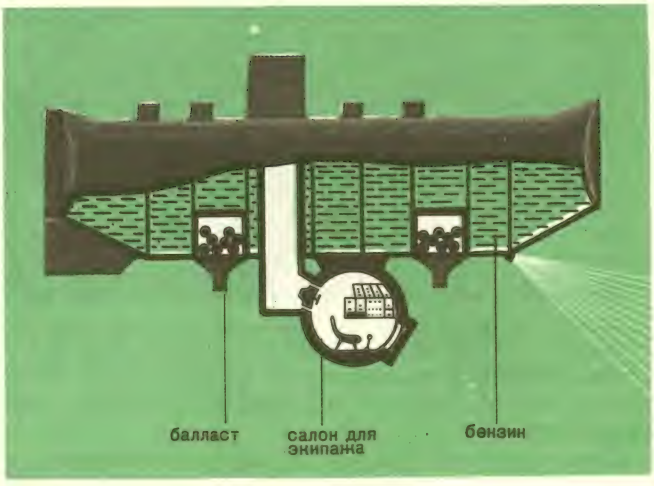
Небольшой *автономный кислородный аппарат* с запасом кислорода в баллоне позволяет дышать под водой несколько часов. Оказалось, однако, что при дыхании чистым кислородом на большой глубине

Схема акваланга. Баллоны со сжатым воздухом позволяют человеку оставаться под водой около часа.



Внизу: скутер — буксир для передвижения под водой.

Схема устройства батискафа. Батискаф предназначен для длительных подводных исследований.



Жесткий скафандр для погружения в воду.

Аэробуй — поплавок с бензиновым двигателем и воздушным компрессором. Подводники берут в рот загубник с шлангом и передвигаются под водой вместе с аэробуем.

может случиться кислородное отравление, при котором возникают судороги, возможна потеря сознания и смерть. Кислородный аппарат работает по замкнутому циклу: выдыхаемый водолазом газ проходит через регенератор и снова используется для дыхания. Углекислота и водяные пары из выдыхаемого газа удаляются химическим поглотителем. Спускаться с кислородным аппаратом под воду разрешается только после специальной подготовки.

Более удобен для широкого пользования *акваланг* («водные легкие»). С его помощью можно погружаться на глубину 20 м, после тренировки — до 40 м, а отдельные рекордсмены опускаются на глубину более 100 м. Акваланг состоит из одного-двух баллонов со сжатым воздухом, редуктора с легочным автоматом, понижающего давление воздуха, и из шлангов для воздуха с загубником. Во время погружения аквалангист обычно надевает маску, чтобы защитить глаза от соленой морской воды.

Пользование акваланго м не грозит кислородным отравлением или отравлением углекислым газом, так как выдыхаемый воздух выбрасывается в воду, а не используется многократно, как в кислородном аппарате. Недостаток акваланга по сравнению с кислородным аппаратом — значительно больший вес и ограниченное количество воздуха для дыхания. На большой глубине возможно азотное опьянение.

Изобретение акваланга позволило широкому кругу специалистов проводить подводные работы — геологические изыскания и научные исследования.

Для буксировки подводников служит *подводный скутер* с корпусом плоской формы, аккумуляторной батареей и электродвигателями внутри. Внизу сзади расположены гребные винты, ручка, за которую дер-

жится аквалангист, и кнопка для включения и выключения двигателя.

Интересные работы вели научные сотрудники Института океанологии Академии наук, жившие в *подводном доме* «Черномор», который летом устанавливался на дно Черного моря близ города Геленджика, а теперь устанавливается близ города Варны в Болгарии.

Новое средство для подводных работ, получившее известность под названием *аэробуй*, представляет собой поплавок весом около 18 кг, на котором находится бензиновый двигатель, соединенный с воздушным компрессором. К компрессору присоединены 2 пластмассовых шланга длиной 8—10 м, подающих воздух спортсменам, находящимся под водой. Поплавок движется по поверхности воды вслед за подводниками, которые на небольшой глубине могут находиться около часа.

Много интересных и полезных наблюдений можно сделать с *подводного планера*, идущего на буксире за моторной лодкой.

Для длительных и далеких путешествий под водой строятся специальные суда — *подводные лодки* (см. ст. «Водный транспорт»).

Для научных наблюдений за подводным миром в Советском Союзе использовалась подводная лодка «Северянка». У «Северянки» героическая биография — она воевала во время Великой Отечественной войны. Потом судно специально переоборудовали. В носовой его части сделаны иллюминаторы для наблюдения за обитателями моря, смонтированы телевизионные установки и множество научных приборов.

Теперь в нашей стране созданы новые подводные лодки специально для научных исследований. К их числу относится, например, аппарат «ТИНРО-2» — двухместная подводная лодка, построенная для исследования шельфовых зон Мирового океана. Одна из интересных особенностей «ТИНРО-2» — та, что она может неподвижно «висеть» над наблюдаемым объектом. А французский исследователь Жак Ив Кусто создал погружающуюся на довольно большую глубину подводную лодку, названную «ныряющим блюдцем». Это маленькое судно имеет механическую «руку», с помощью которой находящийся в лодке выполняет работы в воде.

В 1969 г. успешно завершено первое подводное исследовательское плавание по течению Гольфстрим на специально построенной для этого подводной лодке «Бен Франклин». Швейцарский ученый Жак Пикар прошел на ней 2800 км, проведя под водой в общей сложности около месяца. Плавание проходило на глубинах от 250 до 480 м.

В 30-х годах нашего века американский изобретатель Симон Лэк построил *подводный автомобиль*, передвигавшийся по морскому дну на больших колесах, похожих на колеса трактора, и совершил на нем увлекательное путешествие под водой вдоль побережья Америки. Затем лишь в начале 1963 г. появился любопытный экспонат на Лондонской международной лодочной выставке — новый подводный автомобиль — *аквамобиль*. Этот аквамобиль с прозрачным корпусом грушевидной формы, с 2 винтами и электромоторами с аккумуляторами весит около 200 кг. В нем можно опускаться на глубину до 60 м и передвигаться со скоростью 5 км/ч.

В 1970 г. в США построен подводный автомобиль для экипажа из 6 человек, который может находиться под водой до 10 суток. Он снабжен ультразвуковым локатором для обнаружения препятствий и фарами, поворачивающимися в любую сторону.

Подобные машины очень нужны для выполнения самых различных работ на дне, например для поисков полезных ископаемых, для прокладки подводных кабелей, нефтепроводов, для розыска затонувших кораблей.

Обычные подводные лодки и подводные автомобили не могут погружаться глубоко. А ведь именно на больших глубинах скрыто большинство тайн моря. Первоначально для глубоководных исследований служила *батисфера* — стальная камера в форме шара с герметическим люком и иллюминаторами из толстого стекла. Запас воздуха хранится в баллонах, углекислота и водяные пары удаляются химическими поглотителями. В океан батисфера опускается с судна на прочном стальном тросе.

Громадные глубины стали доступны исследователям в батисфере. Но вот беда: висит она на тросе в одном месте. Что находится чуть дальше вокруг — не видно. Можно, правда, малым ходом немного продвинуться назад или вперед. Но это довольно опасно.

Это неудобство было устранено с изобретением *батискафа*. Его корпус состоит из двух частей: *легкого корпуса* и *прочного корпуса*. Легкий корпус наполнен бензином. Но бензин нужен не в качестве топлива: он в батискафе играет ту же роль, что гелий или водород в воздушном шаре,— создает подъемную силу. Выпуская часть бензина (как из аэростата — водород), мы уменьшаем подъемную силу батискафа, и он начинает опускаться. Для подъема на поверхность сбрасывается балласт — стальная дробь, которая удерживается электромагнитом. В прочном корпусе батискафа — он напоминает батисферу — находится его экипаж.

Под водой батискаф приводится в движение электродвигателями, получающими энергию от аккумуля-

Основные аппараты для изучения подводного мира.

глубина погружения (м)	подводные аппараты	годы первых погружений
20	дыхательный аппарат с чистым кислородом	с 30-х годов
40	акваланг с сжатым воздухом	с 1946 г.
80	„мокрые" подводные лодки типа „Фаэтон"	с 1955 г.
100	вентилируемое водолазное снаряжение „мягкий скафандр"	с 30-х годов
100	батиплан „Атлант-I"	1964 г.
160	подводная научно-исследовательская лодка „Северянка"	1959 г.
200	жесткий скафандр	с 1936 г.
450	автономный гелиокислородный дыхательный аппарат	1970 г.
500	водолазный колокол	1970 г.
600	батистат „Север-I"	1960 г.
923	батисфера „Век прогресса"	1934 г.
1820	подводный самоходный аппарат „Алвин"	1965 г.
2000	подводный самоходный аппарат „Север-2"	1970 г.
2600	подводный самоходный аппарат „Дип-Кузст"	1968 г.
3500	дистанционно управляемый подводный аппарат „Краб"	1971 г.
4500	подводный самоходный аппарат „Алькоминаут"	1964 г.
9580	батискаф „Архимед"	1962 г.
10910	батискаф „Триест"	1960 г.
11000	подводная автоматическая фотокамера	

торов. Запас электрической энергии ограничен, и к месту погружения батискаф обычно доставляется на буксире.

В батискафе человек достиг огромных глубин. Сейчас все больше для исследований под водой пользуются телевизионной техникой. А соединение подводной телевизионной установки с дистанционно управляемой механической «рукой» — *манипулятором* — создало новый вид подводной техники. Если все это смонтировать на передвигающейся по морскому дну тележке, то получится настоящий робот. Чтобы оператор мог хорошо управлять манипулятором, надо иметь *стереоскопическое* телевидение. Иначе он не сможет действовать уверенно, несмотря ни на какие приспособления. Однако по длинному морскому кабелю трудно передавать не только стереоскопические, но даже обычные телевизионные сигналы: ограничена полоса частот и вода не всегда достаточно прозрачна. Поэтому вместо телевизора исследователи пытаются соединить манипулятор с электронной вычислительной машиной, чтобы робот, ориентируясь по обстановке, мог сам выполнять простейшие задачи без участия оператора.

Подводным роботам принадлежит будущее в освоении средних и больших глубин океана. Неутомимые, способные выполнять работы на любых глубинах, они помогут человеку изучить и освоить дно океана.

Как печатают книги

Пятьсот лет назад книги переписывали от руки. Писец сидел, склонившись над листом бумаги, и гусиным пером старательно выводил строчку за строчкой заказанной ему книги. За день самый усидчивый и опытный писец мог переписать не больше 10—15 страниц. Чтобы переписать, например, книгу размером с этот том, ему пришлось бы поработать несколько месяцев. И результатом его утомительного труда была бы всего только одна книга. Всего одна!

Сколько же писцов пришлось бы усадить за работу, чтобы изготовить 520 тыс. книг — тираж каждого тома Детской энциклопедии! А у нас одна только Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова выпускает тысячи экземпляров Детской энциклопедии — и не за год, а за день! Да и разве могли бы получиться переписанные от руки книги такими же аккуратными, нарядными, а главное, абсолютно похожими одна на другую? Конечно нет! У одного писца книга вышла бы красивее, у другого — похуже; на одной страничке строчки были бы ровные, на другой — не очень. А ведь все экземпляры любой новой книги одинаковы. Как же их делают?

Давайте пройдем по цехам большой типографии и посмотрим, как печатают книги.

Буквы торопятся по местам

Прежде всего нужно зайти в *наборный цех*. Сюда поступает *оригинал* — напечатанная на пишущей машинке рукопись будущей книги, и все ее слова здесь набирают металлическими буквами.

Еще не так давно это делалось вручную. Наборщик стоял перед *кассой* — плоским ящиком со множеством небольших отделений. В каждом отделении лежали маленькие металлические буквы — *литеры:* в одном — только литера «а», в другом — «б», в третьем — «в» и т. д. Наборщик брал нужные литеры и составлял из них слова, а затем строчки. Дело шло медленно. В одной странице машинописного текста около 1700 печатных знаков. Каждую крохотную литеру надо было повернуть головкой кверху, поставить рядом с соседней да еще втиснуть между отдельными словами тонкие металлические пластинки — *шпации,* чтобы получились промежутки между словами и все строчки вышли бы одинаковой длины и на одинаковом расстоянии друг от друга.

Сегодня весь текст книги набирается на полиграфических наборных машинах: буквоотливных, строкоотливных и фотонаборных.

Буквоотливная наборная машина — монотип (от греческого «монос» — один и «типос» — след, отпечаток) набирает строку из отдельных букв.

Производительность этой машины сравнительно невелика. Сейчас на монотипах набирают обычно сложные тексты: иностранные словари, формулы, таблицы.

Монотип состоит из 2 аппаратов: *клавиатурного,* который воспроизводит (перфорирует) текст в виде отверстий на бумажной ленте (перфоленте), и *буквоотливного.* Буквоотливной наборный аппарат управляется перфолентой. Он отливает отдельные литеры и подбирает их в строчки.

Новгородская берестяная грамота XIII в. Автопортрет школьника Онфима «Онфим на коне». *Справа:* матрица. На ее боковой стенке видно изображение буквы.

Линотип — строкоотливная наборная машина «Россия».

Строкоотливная наборная машина — линотип (от латинского «линеа» — линия и греческого «типос» — отпечаток) в отличие от монотипа набирает и отливает сразу цельные металлические строки. Линотип — большая сложная машина. Впереди — клавиатура для набора текста, по виду напоминающая пишущую машинку. Сзади — небольшая электрическая печь, а на ней котелок с расплавленным металлом — *гартом,* сплавом свинца, сурьмы и олова. Температура металла выше 300° С.

Вот наборщик стал, к примеру, набирать на линотипе первое слово этой статьи. Он ударяет по очереди клавиши: «п», «я», «т», «ь», «с», «о», «т». С каждым ударом из длинных каналов, расположенных в верхней части машины, выскакивают металлические формочки букв — *матрицы.* Они стремительно мчатся по желобкам вниз и выстраиваются одна за другой в небольшой плоской коробочке — *верстатке.*

Когда в верстатке соберется целая строка из матриц, наборщик нажимает на рычаг, и тот придвигает верстатку к отверстию котла с расплавленным металлом. В матрицы льется жидкий металл. Он быстро застывает, образуя металлическую строчку из тех букв, которые нажимал наборщик на клавиатуре линотипа.

Постепенно растет колонка металлических строк, отлитых машиной. А использованные матрицы возвращаются на свои места: длинная железная «рука» забирает строку освободившихся матриц и навешивает ее на *распределительную рейку,* проходящую над *каналами,* в которых они лежали прежде. Матрицы скользят по рейке, отцепляются от нее над своим каналом и падают в него. Там они лежат до тех пор, пока наборщик снова не нажмет клавиши с их изображением. Весь ряд каналов с матрицами называется *магазином.*

Буквы — *литеры* бывают разные: строчные и прописные, большие и маленькие. Полный набор всех литер и знаков препинания называется *типографским шрифтом.*

Но и шрифты тоже различные — узкие и широкие, прямые и наклонные, светлые и жирные. Кроме того, литеры разных шрифтов отличаются и своим рисунком — более простым или более сложным, строгим или нарядным.

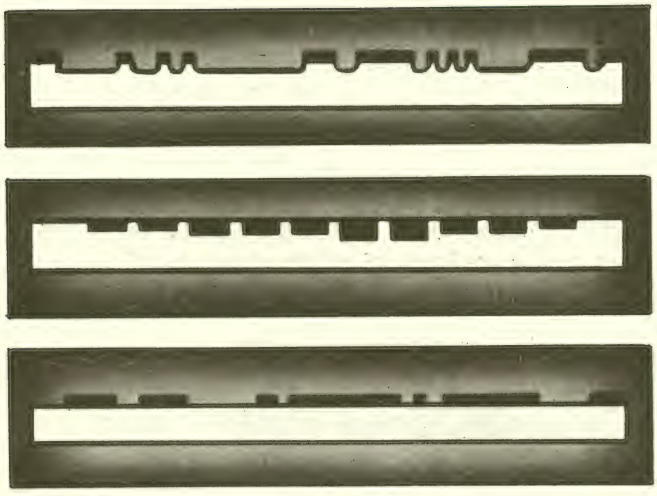
Каждый линотип имеет несколько наборов матриц разных шрифтов для книг разного характера.

В наборном цехе большой типографии длинными рядами стоят линотипы. Вот на одном из них наборщик начал набирать первую статью этой книги, на втором — другой наборщик набирает вторую статью, на третьем — наборщик отдельно набирает заголовки — *рубрики.* Через несколько дней вся книга будет набрана металлическими строками.

В наши дни книг выпускается так много, что обычным линотипам с такой большой работой не справиться. На смену им приходят *машины-автома-*

Репродукционный фотоаппарат «Супернова» для изготовления цветоделенных негативов.

Схема трех видов печати: *а* — высокая печать; *б* — глубокая печать; *в* — плоская печать. Черным цветом показан печатающий элемент.



ты, которыми управляет перфорированная бумажная лента. Конструкция автоматов очень сложна, но работать на них нетрудно. Оператор читает текст и печатает его на электронном *печатно-кодирующем устройстве,* похожем на пишущую машинку. Оно называется так потому, что одновременно и печатает текст на бумаге и кодирует его, т. е. пробивает (перфорирует) на бумажной ленте отверстия. Положение и комбинации отверстий зависят от того, какую букву печатает оператор. Если в отпечатанный текст вносятся исправления, то перфорируется еще одна лента — *корректурная.* С двух первых лент изготавливается третья, уже без ошибок — *чистая.* На ней-то и содержится программа управления отливным автоматом. Устройство автоматического управления, установленное в этом автомате, расшифровывает коды, записанные на перфоленте, и отдает приказы механизмам. Еще быстрее работают новые *фотонаборные автоматы.* Они не отливают строки из металла, а фотографируют их на фотопленку с черных фотолитер с белыми или прозрачными буквами. Один современный фотонаборный автомат может за смену набрать столько текста, сколько десятки линотипов.

Итак, текст набран. Чтобы познакомиться со следующим этапом изготовления книги, мы должны пройти в печатный цех, но...

Картинка из точек

Но одного текста мало, ведь в книгах очень много иллюстраций. Их тоже помогают делать машины. Такие машины установлены в *цехе цинкографии,* где изготавливают формы, с которых *печатают иллюстрации.* Поэтому, прежде чем познакомиться с печатными машинами, заглянем сюда.

Вы, конечно, видели не раз, как ставят печать. Вырезанное из меди или резины изображение прижимают сперва к пропитанной краской подушечке, а затем к бумаге. Изображение состоит из выпуклых линий, к которым пристает краска с подушечки. С этих линий краска переходит на бумагу. Следовательно, чтобы получить оттиск картинки, надо сделать сначала ее рельефную копию. Этим и занимаются цинкографы.

Прежде всего рисунок художника фотографируют и получают *репродукцию* — изображение на фотопленке. *Репродукционные фотоаппараты,* которыми при этом пользуются, совсем не похожи на «Смену» или «Зоркий». Они так велики, что не уместятся даже в большой комнате. Зато ими можно делать снимки высотой и шириной больше 1 м.

В установленной перед таким фотоаппаратом-гигантом раме укрепляют сразу несколько рисунков и получают большой негатив. Если посмотришь на такой негатив в лупу, то увидишь, что все рисунки состоят теперь из мельчайших точек. Откуда они появились? Дело в том, что картинку фотографировали через *растр* — стеклянную пластину, на которой нанесена решетка из узких линий — от 16 до 120 и больше линий на 1 см^2. Когда лучи света проходили через такую решетку, все рисунки оказались разбитыми на точки разного размера. Там, где на картинках были светлые места, точки на негативе получились большие, а в темных местах — маленькие.

С полученного таким образом негатива снимают *копию* на отшлифованной пластине цинка, покрытой тонким слоем особого светочувствительного вещества. Это вещество имеет такое свойство, что те его места, на которые падал свет, «задубливаются» и после этого не растворяются водой, а места, куда

свет не падал, легко вымываются. Копию подвергают термической обработке при температуре 220° С, а затем погружают в ванну с раствором азотной кислоты. Задубленные точки светочувствительного слоя остаются такими же, а незадубленные промежутки между ними вытравляются кислотой и углубляются. Так получается выпуклая *печатная форма.*

Большую пластину с несколькими рисунками разрезают на отдельные иллюстрации — *клише.* Их набивают на деревянные или пластмассовые подставки, соответствующие высоте букв набора, а затем верстальщики вставляют клише между металлическими строчками там, где в книжке должны быть картинки.

Если теперь намазать клише краской, как металлические буквы шрифта, и придавить к бумаге, получится копия картинки, изображенной на клише.

Способ печати, при котором рисунок шрифта и клише выпуклый, называется *высокой печатью.*

Негативы для штриховых иллюстраций (например, чертежей, схем) получают, фотографируя оригиналы без растра.

Можно получить печатные формы и другим, более современным способом. С негативов изготовляют *позитивы.* Это такие изображения, какие вы видели на фотобумаге, только выполненные на прозрачной пленке.

Пленки с текстом, набранным на фотонаборных машинах, и с картинками — *позитивами* приклеиваются монтажистом на прозрачную тонкую и твердую пленку. Получается *монтажный лист.* Каждая страничка на монтаже собрана так, как она должна выглядеть в книжке. Весь монтажный лист обычно содержит 8, 16 или 32 страницы, а монтажный лист книжек-малюток содержит 64 и даже 128 страниц. Бумажный лист, который будет отпечатан с формы, изготовленной с монтажного листа, называется *печатным листом.*

Такой монтаж копируется на металлическую пластину, покрытую светочувствительным слоем. После обработки те места на форме, где есть рисунок (шрифт или точки), становятся восприимчивыми к краске и отталкивают воду и, наоборот, участки формы, свободные от рисунка, отталкивают краску и хорошо воспринимают воду. Если на такую форму нанести краску, то участки, где есть рисунок или шрифт, покроются краской, а промежутки между ними останутся чистыми, несмотря на то что они не углублены, как на формах высокой печати. Такие формы называются *плоскими,* а печать с этих форм *плоской печатью.*

Одна из разновидностей плоской печати — *офсетная печать.* При этом способе печати краска с цилиндра печатной машины, на котором закреплена металлическая форма, переносится на промежуточный цилиндр, покрытый резиновым полотном (его называют *офсетным*), а затем уже на бумагу. Именно офсетным способом печати изготовлена книга, которую вы держите в руках.

Существует и третий способ, которым часто печатают книги и журналы, содержащие много иллюстраций. Это *глубокая печать.* Для нее изготавливаются формы, в которых буквы и рисунки не выпуклые, а углубленные. Чем участок рисунка темнее, тем он на форме глубже. Рисунок на формах в глубокой печати разбит на точки, но они в отличие от точек в офсетной печати равны по площади и различаются только глубиной.

Во время печати краска покрывает всю форму сплошь. Но затем специальный нож — *ракель* — с плоских мест краску счищает, а в углубленных она остается и переносится на бумагу. Чем глубже было углубление, тем больше краски перейдет на бумагу и тем темнее получится этот участок рисунка.

Как делают цветные картинки

Кроме страниц с текстом, черно-белыми рисунками и фотографиями в книгах есть и цветные картинки. Чтобы их изготовить, в печатных цехах типографий стоят машины, которые могут очень быстро напечатать любое количество таких картинок. Но одним клише на всю картинку уже не обойтись. Для каждой краски приходится делать свое особое клише и печатать одну картинку в несколько приемов. Обычно цветные рисунки воспроизводятся четырьмя красками: голубой, пурпурной, желтой и черной.

Картинку для этого фотографируют не только через растр, но и через цветные стеклянные или пленочные *светофильтры.*

Снимая картинку через все светофильтры по очереди, получают разные негативы, для каждой краски свой негатив. Например, за красным светофильтром фотографируют негатив для голубой краски, за синим — для желтой, за зеленым — для пурпурной. Затем готовят 4 формы для одной и той же иллюстрации. С первой формы можно печатать те места, которые должны получиться голубыми, со второй — желтыми, с третьей — пурпурными, с четвертой — черными. Четырех форм достаточно для того, чтобы отпечатать красочную картинку. Ведь смешением четырех красок можно получить множество цветов и их оттенков. Стоит наложить на желтую краску голубую, и получится зеленый цвет. Пурпурная и голубая дадут фиолетовый цвет, пурпурная и желтая — оранжевый или красный. И когда все краски будут

по очереди напечатаны на одном и том же листе, мы увидим ту цветную картинку, которую фотографировали. Такой процесс называется *цветоделением,* он почти одинаков для всех видов печати.

Сейчас во многих типографиях формы для цветных картинок изготавливают не на фотоаппаратах, а на *машинах-автоматах,* например «Вариоклишографах». На таком автомате два стола. На одном закрепляется цветная картинка или ее цветная фотокопия на пленке, на другом — металлическая пластина из цинка или магния, если изготавливается клише для высокой печати, или специальная фольга — для офсетной печати.

Узкий пучок света постепенно шаг за шагом пробегает всю картинку. Яркость пучка меняется: чем участок рисунка светлее, тем ярче отразившийся пучок света. Движение луча автоматически передается резцу, расположенному над цинковой пластиной. Он повторяет движение пучка и врезается в пластину или фольгу, воспроизводя на них рисунок точками. Чем светлее участок рисунка, тем меньше точка на пластине. Постепенно луч обойдет всю картину, а резец ее вырежет. Вот и не нужны ни огромные фотоаппараты, ни ванны с кислотой, ни сложный труд рабочих на этих участках. Один оператор на «Вариоклишографе» легко и быстро справится со всей работой.

За три секунды

Итак, печатные формы готовы.

Рабочие отправляют их в *печатный цех,* где стоят мощные и быстрые *печатные машины.* Печатник налаживает машину: «одевает» форму на формный цилиндр, кладет в красочный аппарат краску нужного цвета, а в увлажняющий аппарат — жидкость, которая во время печати смачивает чистые, без рисунка, участки форм, чтобы к ним не прилипала краска. Чистые листы бумаги укладываются высокой стопой в несколько тысяч листов на площадке машины — *самонакладе.*

Большая печатная машина состоит обычно из нескольких секций. В машине для офсетной печати каждая секция имеет 3 цилиндра: *формный,* на котором закрепляется форма, *офсетный,* на котором закреплена офсетная резина, и *печатный.* Чем больше в машине секций, тем больше красок можно на ней одновременно отпечатать. Если машина состоит из 4 печатных секций, то в красочные аппараты этих секций можно заложить 4 краски: желтую, голубую, пурпурную и черную. Лист бумаги пройдет последовательно через каждую секцию, и цветная картинка будет отпечатана за несколько секунд. На листовой офсетной печатной машине можно отпечатать за 1 ч 4—5 тыс. оттисков.

Но как же удается машине подхватывать каждый раз точно по одному листу? Для этого существуют специальные пневматические приспособления — *металлические захваты* с резиновыми присосами на концах. Они присасывают верхний лист, а остальные удерживаются стальным зажимом и щеточками. Если же присосы случайно захватят не один лист, а два, то *механический контролер* мгновенно остановит машину.

Контролер устроен довольно просто. По пути к печатному цилиндру каждый лист бумаги проходит под небольшим колесиком, свободно пропускающим только один лист. Но два листа заставят колесико приподняться и выключить машину.

Для книг, которые печатаются очень большим тиражом, существуют огромные *ролевые* офсетные машины, которые печатают не на отдельных листах, а на бесконечной бумажной ленте — *рулоне.* Их производительность еще выше, до 15—20 тыс. печатных листов в час.

Итак, печатник включает рубильник. Тонкие металлические захваты отделяют от стопы один лист и проносят его к печатному цилиндру. В это же время красочные валики прокатываются по форме и окрашивают ее в нужный цвет. К формному цилиндру плотно прижат офсетный цилиндр, покрытый резиной. Как только формный цилиндр начинает вращаться, краска с него передается на резину офсетного цилиндра, а с него на бумагу, поданную со специального устройства — самонаклада, передающего листы на печатный цилиндр. Так весь текст и рисунки переносятся на бумажный лист. Отпечатанные листы выходят обычно с противоположной стороны машины и аккуратно, один на другой, укладываются на приемном столе. Затем, на этой же или на другой машине отпечатают оборот листа. Существуют машины, на которых оттиск можно получить сразу с обеих сторон: лица и оборота.

Но вот листы будущей книги отпечатаны. Осталось их сфальцевать, т. е. сложить в тетрадку. Этим занята *фальцевальная машина.* Работник кладет на площадку этой машины кипы отпечатанных листов. А машина сама захватывает по одному листу и ловко перегибает его несколько раз, пока не получится тетрадка размером в одну страницу.

На современных ротационных машинах фальцевальный аппарат установлен на самой машине, там, куда подходит отпечатанная бумажная лента. Машина сама режет бумажную ленту на отдельные листы, фальцует их, выкладывает уже готовые тетрадки и подсчитывает, сколько она их выбросила.

В результате процесса, называемого цветоделением, получают 4 позитива, с помощью которых изготовляют печатные формы. Каждую форму используют только для одной краски: желтой, голубой, пурпурной, черной. При печати краски последовательно накладываются одна на другую, и получается цветная репродукция.

Как листы становятся книгой

На каждом заводе или фабрике последний цех — сборочный. В нем собирают готовые изделия из деталей, сделанных в других цехах. В типографии сборочный цех — *переплетно-брошюровочный*. В этом цехе собирают из отдельных частей готовые книги.

За несколько минут *листоподборочная машина* подбирает один к другому все листы, превращенные в тетрадки по 16 страниц. Машина замечательна тем, что сама признается в своих ошибках. Стоит ей пропустить тетрадку, как она тотчас останавливается и выбрасывает флажок с номером пропущенной тетрадки.

Другая машина — *ниткошвейная* — накрепко сшивает стопку тетрадок ниткой и пришивает к полоске марли. Теперь тетрадки уже не распадутся: получился книжный *блок*. К первой и последней страницам приклеивается *форзац* — сложенный вдвое лист плотной бумаги. Одна половина его приклеивается к книжному блоку, другая — к переплету книги. Форзац соединяет книжный блок с переплетом.

Многокрасочная печатная офсетная машина.

Затем книжный блок высушивают в *сушильных камерах*.

Но это еще не все. Готовые блоки обжимают на прессах и передают на *резальную машину*. Она прижимает сшитые листы тяжелой чугунной доской и одним прикосновением своих острых стальных ножей ровно обрезает их края.

Дальнейшая обработка будущей книги выполняется *блокообрабатывающим агрегатом*. Он состоит из нескольких секций. Блок автоматически передается из одной секции в другую: в первой секции он обжимается, в следующей корешку придается округлая форма. В клеевой секции на корешок наносится слой клея, в марлевой к нему приклеивается кусок марли, в следующей секции к корешку приклеивается *каптал* (кусок ленты с округлым цветным краем), а в последних секциях все эти детали крепко прижимаются к корешку резиновым полотном. Обработанные блоки выводятся транспортером на приемный стол и снова отправляются на сушку. Один такой агрегат может обработать 2400 блоков в час. Теперь книгу можно уже перелистывать. Но у нее еще нет переплета.

Переплет приготовляет для книги *крышкоделательная машина*, а позолотный пресс оттискивает на нем название, например «Детская энциклопедия», и соответствующий рисунок. Последняя операция — соединение переплета с блоком. Этим занимается *вставочная машина*.

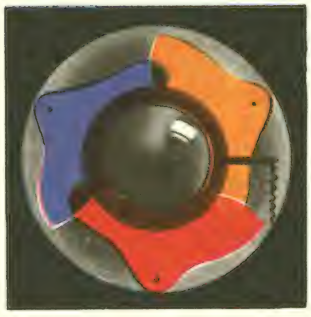
Переплетчицы принимают с конвейера подъезжающие к ним готовые книги и еще раз кладут их на 4—6 ч под пресс. За это время клей подсыхает и форзац оказывается прочно приклеенным ко всей внутренней поверхности крышки.

Книга готова.

Фотоаппарат и киносъемочная камера

Советские фотоаппараты. *Слева сверху вниз:* «Киев» и «Смена». *Справа сверху вниз:* «Зенит-Е», «Зенит-В», «Смена Символ».

Схема работы затвора фотоаппарата *(слева направо):* затвор фотоаппарата закрыт; затвор фотоаппарата открыт.



Фотоаппарат

«Спокойно... Снимаю!» Раздается легкий щелчок — и юный фотолюбитель опускает аппарат: «Готово!»

Что же произошло в аппарате в момент съемки? Затвор открылся на короткое время. Лучи света прошли сквозь объектив и попали на светочувствительную пленку. Потом затвор снова закрылся, но на пленке осталось скрытое фотографическое изображение. При последующей химической обработке оно проявится, станет видимым.

На рисунках показаны разные фотоаппараты, от простых до самых совершенных. Принцип действия у них у всех одинаков. И все же наша промышленность выпускает несколько десятков, а мировая — много сотен разных моделей фотоаппаратов. Для чего же такое разнообразие?

Разные аппараты существуют для разных видов работы, разных условий съемки, для фотографов разной квалификации. Кроме того, они различаются по степени автоматизации.

Самое лучшее качество снимков можно получить при *большом формате негатива.* Для этого созданы аппараты, снимающие на *роликовую пленку* шириной 6 см или даже на *форматные пленки* размером до 13 × 18 см. Но такие аппараты тяжелы, громоздки и требуют частой перезарядки. Поэтому ими пользуются в основном фотографы в ателье, фотокорреспонденты журнала или газеты, для художественной фотографии.

Любители обычно предпочитают так называемые *малоформатные аппараты.* Они легче, меньше и заряжаются сразу на несколько десятков снимков. Большинство таких аппаратов снимают на пленку шириной 35 мм. Если пользоваться *мелкозернистыми* пленками и не давать при печати слишком больших увеличений, можно получать прекрасные снимки. Есть еще *аппараты-малютки.* которые снимают на пленку шириной 16 мм. Они всего лишь вдвое больше спичечной коробки. Но резкость и чистота снимков здесь заметно хуже.

Первые фотографы таскали с собой целую химическую лабораторию. Перед съемкой они сами изготовляли светочувствительную пластинку. Потом пластинки и пленки стали делать на фабриках. Но все же съемка оставалась сложным и хлопотным делом. Нужно было:

1) зарядить пластинку или пленку, а в многозарядном аппарате продвинуть пленку на следующий кадр;

2) определить расстояние до объекта съемки и навести объектив так, чтобы снимок получился резким;

3) взвести затвор аппарата;

4) установить на аппарате время выдержки (т. е. время, в течение которого затвор будет открыт). Оно зависит от быстроты движения объекта. Так, при спортивных съемках часто приходится давать выдержку не более 2 мс (миллисекунды), т. е. $^1/_{500}$ с, чтобы снимок не вышел смазанным;

5) определить условия освещения объекта съемки;

6) установить нужное значение диафрагмы, чтобы получить нормальный негатив при данном освещении, данной чувствительности пленки и выбранном времени выдержки;

7) навести аппарат на объект съемки так, чтобы получить наилучшую композицию снимка;

8) и после этого — щелк! — спустить затвор.

Но мы живем в век высокой техники, в век автоматики и электроники. И фотоаппарат тоже начал автоматизироваться. Прежде всего, *продвижение пленки совместили со взводом затвора:* один поворот головки или один взвод специального курка — и готово. В новейших аппаратах и этого не нужно. Сделал снимок — и аппарат сам тут же продвигает пленку и снова взводит затвор.

Затем создали *оптический дальномер, совмещенный с видоискателем.* Выбирая композицию кадра, фотограф в то же время наводит объектив таким образом, чтобы совместились сдвоенные контуры объекта в глазке видоискателя. Впрочем, сейчас в большинстве аппаратов делают *зеркальный видоискатель.* Он дает более крупное изображение, так что наводку легко устанавливать по резкости этого изображения.

Время выдержки пока приходится выбирать и устанавливать вручную. Но в простых аппаратах предусматривают либо одно стандартное время выдержки, либо два: для съемки при обычном освещении и для моментальной съемки с лампой-вспышкой. А конструкторы уже работают над созданием устройства, которое бы само определяло скорость движения объекта и устанавливало нужное время выдержки. Пока еще это устройство получается слишком сложным, но техника развивается быстро!

Условия освещения опытные фотографы определяли на глаз, а начинающие — по особым таблицам. Потом появились специальные приборы — *экспонометры.* Вскоре придумали встраивать экспонометр в фотоаппарат, а его стрелку помещать в окне видоискателя. Наконец удалось создать экспонометр, который не указывает фотографу, что надо делать, а *сам, автоматически* устанавливает нужное значение

диафрагмы. Надо только заранее, заряжая аппарат, настроить экспонометр в зависимости от чувствительности пленки. Впрочем, и здесь удалось упростить дело. Можно, например, выпускать все любительские пленки — и черно-белые и цветные — только одной стандартной чувствительности. А можно выпускать их заряженными в кассеты со специальными штырьками-датчиками. Вставишь такую кассету в приспособленный для нее фотоаппарат — штырек попадет в нужное гнездо и введет в схему экспонометра информацию о чувствительности пленки.

Кстати сказать, сейчас появляются аппараты с кассетами, предельно упрощающими зарядку. Открыл крышку аппарата, вложил кассету, закрыл — и можно снимать. Отснял кассету — перематывать не надо, только вынуть из аппарата.

Наводку объектива на резкость тоже можно упростить. При небольших светосилах (1 : 8 и 1 : 5,6) объектив наводят раз навсегда еще на заводе. Более светосильные объективы приходится наводить при съемке. Но это делают по символам — условным картинкам, появляющимся в окне видоискателя. Снимаете портрет — наводите так, чтобы появилась рожица; фигуру в полный рост или небольшую группу — человечек; большую группу или пейзаж — елочка. А изобретатели уже работают над системами автоматической наводки на резкость.

Что же осталось делать фотографу, вооруженному самым современным аппаратом?

1. Вставить в аппарат многозарядную кассету.
2. Навести камеру на объект съемки так, чтобы получить наилучшую композицию снимка.
3. Нажать кнопку. Все!

Теперь все свое внимание, все умение, весь художественный вкус фотограф сможет сосредоточить на выборе кадра, на освещении, на композиции.

Фотоаппарат ближайшего будущего станет автоматическим. Он все больше автоматизируется уже сегодня. Вот потому-то и делают столько разных типов — они различаются по степени автоматизации. Правда, автоматические аппараты в несколько раз дороже простых.

Для квалифицированных любителей и профессионалов выпускают фотоаппараты с рядом приспособлений и с более совершенными объективами.

Одно из важных приспособлений — *лампа-вспышка,* для съемок при недостаточном освещении. Когда-то фотограф просто поджигал щепотку магния — металла, горящего ярким пламенем. Потом появились вспышки в стеклянных баллонах. Они зажигались от электроконтакта, но вспыхивали только один раз и сгорали. Их сменили специальные лампы, дающие за свою жизнь сотни вспышек. Питаются такие лампы от устройства весом в несколько килограммов, которое фотограф носит на ремне через плечо. Лампа-вспышка ближайшего будущего будет питаться от батарейки, спрятанной внутри фотоаппарата. Конструкторы работают над схемами автоматического включения вспышки при недостаточном освещении объекта съемки.

Полученный при съемке негатив проявляют и затем печатают снимки на фотобумаге. Печатают обычно с увеличением. Для этого служит специальный прибор — *увеличитель.*

Но в последние годы многие любители переходят на съемку *диапозитивов.* В аппарат заряжают не негативную, а так называемую *обратимую пленку.* На ней после специальной обработки получается цветное позитивное изображение. Готовые диапозитивы (их все чаще называют коротким английским словом «слайды») вставляют в рамочки. Теперь их можно просматривать на экране с помощью особого аппарата — *диапроектора.* Эти аппараты различаются по своей световой мощности и по степени автоматизации смены диапозитивов. Самыми сложными и дорогими диапроекторами можно управлять на расстоянии. Они освещают большие экраны, да к тому же еще воспроизводят пояснительный текст, записанный на пластинке или на магнитофильме. В магазинах продаются тематические серии слайдов.

Если фотограф, снявший вместо негатива слайд, захочет все же и фотокарточку получить — ее можно напечатать на специальном сорте фотобумаги. Обработка таких отпечатков сложнее обычной, поэтому чаще всего отпечатки со слайдов заказывают фотолаборатории.

Диапроектор показывает снятую сцену на экране удивительно ярко, крупно, красочно. Все как живое, да только — вот жаль! — застыло неподвижно. Если бы изображение еще и двигалось!.. Ну что же, техника уже давно решила эту задачу. Вы уже догадались — правда? Конечно, это — кино.

Киносъемочная камера

Кинотеатр можно устроить у себя дома, и в школе, и в красном уголке. Повесить маленький экран, поставить кинопроектор и смотреть фильмы, снятые вами и вашими товарищами.

Киносъемочная камера во многом похожа на фотоаппарат. Здесь тоже есть светонепроницаемый кор-

пус, объектив, пленка, различные устройства для автоматизации. Разница в том, что светочувствительная пленка здесь движется. Она сматывается с подающего ролика и направляется в фильмовый канал.

В канале спереди прорезано окно. Сквозь него попадает на пленку изображение, даваемое объективом. Но если бы пленка в фильмовом канале двигалась безостановочно, на ней вместо отдельных четких картинок — кадриков — получились бы «смазанные» полосы. Для съемки каждого кадрика пленку необходимо останавливать перед кадровым окном, а потом продергивать дальше. На время продергивания пленку нужно загораживать от света.

Пленку продергивает *грейфер* — лапка, управляемая особым механизмом. Сначала зубец грейфера входит в перфорационное отверстие на краю пленки. Затем грейфер идет вниз и продергивает пленку. Продернет на один кадрик и оттягивается назад, выходит из перфорационного отверстия. Наконец, он снова поднимается в исходное положение и снова становится против отверстия.

Грейфер получает свое движение от механизма камеры. От этого же механизма приводится в движение и *обтюратор*. Он имеет форму либо качающейся заслонки, либо вращающегося диска с вырезанным сектором. Обтюратор работает в полном согласии с грейфером. Пока грейфер продергивает пленку, пока он сцеплен с ней, обтюратор закрывает кадровое окно, и свет на пленку не попадает. И только когда грейфер выходит из перфорационного отверстия, отпускает пленку и она стоит неподвижно, мимо кадрового окна проходит вырез обтюратора. В этот момент и снимается очередной кадр.

Выйдя из фильмового канала, уже отснятая пленка наматывается на нижний, *принимающий ролик*.

Существуют различные киносъемочные камеры разной степени автоматизации, с различными объективами, для пленок разных форматов, для любителей разной опытности.

Большинство любительских камер предназначено для пленки шириной 2 × 8 мм, которая пропускается дважды. Сначала съемка производится на одну половину пленки. Потом меняют местами подающую и приемную катушки и заряжают пленку в фильмовый канал другим концом. После того как отснята и вторая половина, пленку обрабатывают «с обращением», т. е. так, чтобы получить не негатив, а сразу позитив. Затем пленку 2 × 8 мм специальным резачком разрезают вдоль осевой линии на две киноленты, шириной по 8 мм каждая.

Некоторые камеры (например, «Экран») снимают на одинарной пленке шириной 8 мм. В последнее время формат 8 и 2 × 8 мм «обычный» все более вытесняется форматом «супер 8». Пленка «супер» имеет другое расположение перфорационных отверстий, которое позволяет сделать кадрики значительно более крупными. А это улучшает качество изображения. В некоторых странах формат «супер 8» получил применение даже для профессиональных съемок. На нем снимают хронику текущих событий для показа по телевидению.

Важно знать, что аппаратура (съемочные камеры и проекционные аппараты), рассчитанная на пленки обычного формата, не годится для пленок «супер», и наоборот.

Имеются любительские камеры и для пленки шириной 16 мм. Они дают еще более высокое качество изображения, лучшую резкость, особенно при цветных съемках. Но камеры для 16-миллиметровой пленки заметно крупнее и тяжелее. Масса даже простейших из них составляет около 1,5 кг (масса простейших 8-миллиметровых камер — 0,6—0,8 кг). А масса более сложных 16-миллиметровых камер, применяемых для профессиональных съемок (например, в телевидении), еще больше.

В киносъемочной камере, как и в фотоаппарате, самая важная и дорогая часть — это объектив. Важную роль играет не только качество объектива, но и его фокусное расстояние. Для съемки небольших групп, средних пейзажей в кино, как и в фотографии, хороши объективы средних фокусных расстояний. Для 8-миллиметровой пленки — это 10—12 мм, для 16-миллиметровой — 20 мм, для 35-миллиметровой — 40—50 мм. Именно такая оптика ставится на кинокамерах и фотоаппаратах, не имеющих сменных объективов. Для съемки портретов и удаленных объектов применяются *длиннофокусные объективы*. Если же нужно охватить широкую сцену — внутренность помещения, панораму города, широкий пейзаж, ставят так называемый *широкоугольный объектив* с малым фокусным расстоянием.

Все профессиональные камеры имеют *сменную оптику*. Есть она и в наиболее совершенных любительских камерах. Основной объектив либо заменяется другим, либо перед ним ставится насадка, увеличивающая или уменьшающая фокусное расстояние. В некоторых камерах объективы или насадки расположены на *поворотной турели*.

Наиболее удобен объектив с *переменным фокусным расстоянием* (так называемый *трансфокатор, вариообъектив,* или *зум*). Он имеет специальную рукоятку. По мере ее вращения фокусное расстояние увеличивается или уменьшается. Практически это означает, что аппарат, стоя на одном месте, как бы «наезжает» на объект съемки либо «отъезжает» от него. Вы, вероятно, заметили такие «наезды» и «отъ-

Основные типы советских киноаппаратов. *В верхнем ряду слева направо:* «Аврора», «Лада», «Кварц-2м», «Лантан». *В нижнем ряду:* «Кварц-5», «Красногорск», «Киев-16у».

ездой», когда смотрели футбол по телевидению. Телевизионные камеры тоже имеют зумы. Однако объектив с переменным фокусным расстоянием гораздо сложнее обычного, и камера с ним стоит дорого.

Подобно лучшим фотоаппаратам, совершенные любительские кинокамеры имеют встроенные экспонометры, полуавтоматические либо автоматические.

Наводя камеру с полуавтоматическим экспонометром, кинолюбитель изменяет установку диафрагмы до тех пор, пока стрелка прибора не совместится со специальной отметкой в окне видоискателя. Теперь можно снимать, экспозиция будет правильной!

В камерах с автоматической установкой экспозиции ток от фотоэлемента отклоняет не стрелку измерительного прибора, а рычажок, меняющий положение диафрагмы. Здесь следить за экспозицией вообще не нужно.

Механизмы большинства любительских камер работают от пружинного привода, заводимого вручную. Но есть и камеры с электродвигателями. Ток для двигателя дает батарейка, спрятанная в корпусе камеры.

Как выбрать фото- или киноаппарат?

Как же все-таки выбрать для себя фото- или киноаппарат? И как им правильно пользоваться?

Основа всех основ фото- и киносъемки — это *правильная выдержка*. Если камера не имеет автоматической или полуавтоматической установки диаф-

рагмы, приходится пользоваться экспонометром. Бывают и более простые и дешевые приспособления: таблицы для определения выдержки, а также механические калькуляторы, построенные на основе этих таблиц. Опытные специалисты часто определяют выдержку просто на глаз.

Второе основное требование — *резкость снимка.* В простейших любительских камерах резкость обеспечивается сама собой при расстояниях до объекта съемки не меньше чем 1—1,5 м. В более совершенной аппаратуре объектив выдвигают вперед или приближают его к пленке, в зависимости от расстояния до объекта съемки.

Расстояние определяют на глаз и наводят объектив по шкале. В еще более сложных камерах наводка производится либо с помощью *оптического дальномера,* либо по резкости изображения на матовом стекле.

Третье основное требование — *правильный выбор границ будущего снимка.* Снимая людей, не «срежьте» кому-нибудь голову или часть лица. Следите также и за тем, чтобы на снимок не попало ничего лишнего, случайного, отвлекающего внимание от основного объекта. В фотографии еще можно будет убрать ненужные края кадра при увеличении снимков. Но если вы снимаете кинофильм или слайды, этот путь закрыт.

Четвертое основное требование — *научитесь твердо держать камеру.* Нажимайте на спуск плавно, без толчка. Иначе на фотографии изображение смажется, а при киносъемке будет «плясать» на экране.

Выбирая для себя фото- или киноаппарат, помните следующее:

1. Снимает не аппарат, а человек. Конечно, качество аппарата играет большую роль, но гораздо важнее уметь им пользоваться.

2. Начинающему любителю нужен самый простой аппарат. Работа с ним требует меньше знаний и навыков, поэтому меньше будет и ошибок.

3. Не переходите к более сложному аппарату до тех пор, пока не научитесь получать хорошие снимки простым.

Техника кино

Рассмотрите какой-нибудь фотоснимок. На нем словно застыл тот миг, когда фотограф нажал на спуск своего аппарата. Не колышется листва деревьев, и люди замерли, совсем как в сказочном сонном царстве. Но фотографию сумели оживить. Это «чудо», к которому мы так привыкли, происходит в кино.

Конечно, одну фотографию оживить нельзя, для кино их нужно много. Вот часть киноленты, здесь несколько картинок-кадриков. Присмотритесь внимательнее — вы увидите, что картинки немножко разные, хоть и очень схожи друг с другом. Рассматривая их одну за другой, вы сможете проследить все движения изображенных предметов. И если сменять эти картинки с неуловимой для глаза скоростью, то вы уже не сможете заметить, когда одна картинка переходит в другую. Движение покажется вам непрерывным. Киносъемочная камера 24 раза в секунду открывает свой «глаз» и делает снимок. А потом пленка с этими снимками бежит в проекционном аппарате. 24 снимка или кадра в секунду сменяют друг друга на экране.

Кинематограф родился в конце прошлого века. И более 30 лет он оставался немым. Только в конце 20-х годов развитие техники подготовило все необходимое для звукового кино. И тогда его создали сразу многие изобретатели в разных странах. Советские системы звукового кино были разработаны двумя советскими учеными — П. Г. Тагером и А. Ф. Шориным. В деталях их системы различались, но сущность была одна. Звук записывался на кинопленку *фотографическим способом.* Кадрики изображения немного уменьшились и сдвинулись в сторону, освободив место для звукозаписи — *звуковой дорожки.*

Сначала записываемый звук с помощью *микрофона* превращают в электрические колебания, затем эти колебания усиливают и подводят к модулятору света. Здесь колебания электрического тока изменяют силу света, попадающего на кинопленку, светлые места чередуются с темными. Потом звуковую пленку проявляют, и на звуковой дорожке становятся видны светлые и темные зубчики. Это и есть записанный звук.

В кинотеатре записанный на пленку звук должен снова стать слышимым. Для этого в *кинопроекционном аппарате* тоже ставят лампу, а перед ней делают узкую щелочку. Тоненький лучик попадает на звуковую дорожку, а сквозь нее — на *фотоэлемент.* Этот прибор под действием света дает электрический ток. Когда на пленке попадается светлый зубчик, луч вспыхивает, сила тока растет. А набежит тем-

ный зубчик, закроет луч — и сила тока в фотоэлементе уменьшится. Так снова получаются электрические колебания. Их усиливают и подводят к громкоговорителям, и зрители слышат звуки, давно отзвучавшие на киностудии.

Сейчас фотографический способ записи звука постепенно выходит из употребления. Вместо него применяют *магнитный способ,* такой же, как в обыкновенном магнитофоне. В готовом фильме звуковая дорожка осталась, только приходится наносить на нее полоску магнитного лака. На этот лак, когда он высохнет, переписывают звуковое сопровождение фильма. Для того чтобы звук можно было потом воспроизвести, в кинопроекционном аппарате ставят *головку воспроизведения. Головок записи* и *стирания* здесь нет. В кинотеатре они не нужны: здесь только слушают то, что было записано в киностудии.

Современная кинематография — это целая отрасль промышленности, оснащенная совершенными машинами, приборами и аппаратами. За всем тем, что мы видим на экране, скрывается напряженный труд большого коллектива. То, что пройдет на экране всего за 90—100 мин, приходится снимать несколько месяцев. Но еще прежде нужно написать сценарий, подобрать актеров, сшить костюмы, построить декорации, подготовить аппаратуру. И только когда все готово, начинается съемка.

В павильоне киностудии стоит декорация, а в ней и вокруг нее — десятки людей, но зритель увидит на экране только того актера, появление которого предусмотрено по сценарию. Вот он стоит, этот актер, одетый и загримированный. Режиссер дает ему последние указания: как говорить, как двигаться. Оператор припал к *визиру* — видоискателю съемочной камеры. Он вполголоса командует: «Больше света слева! Прибор № 16, выше луч! На № 19 поставьте оранжевый фильтр!» И бригадир осветителей, стоящий рядом, передает эти указания своим рабочим, хлопочущим у приборов. Тем временем ассистент оператора промеряет рулеткой расстояние до актера, другой ассистент проверяет особым прибором освещенность актера и всех деталей декорации, а рабочий-крановщик готов по знаку оператора поднять его вместе с камерой на специальном кране или покатить на тележке.

За своим пультом сидит звукооператор в наушниках, крутит ручки усиления. Его помощник управляет движением микрофона, подвешенного на специальном коромысле. Он ведет микрофон вслед за актером, то поднимая его, то опуская, то поворачивая. Надо уловить каждое слово, каждый вздох и в то же время не попасть в кадр, не отбросить тень на лицо актера.

Ассистент режиссера ведет запись всех снятых сцен, сверяясь со сценарием. Если какая-то съемка не получилась, он делает пометку: «Стоп! Не печатать!» А в стороне на скамеечке сидят дежурные. Гример в белом халате посматривает на лицо актера: не надо ли поправить грим, подпудрить, подклеить парик? А за костюмом актера следит костюмер: надо что-то изменить, подшить, подправить? У костюмера все наготове. Рабочие сцены готовы, если нужно, подвинуть часть декорации, что-то прибить, что-то подпилить, что-то наклонить или выпрямить. Реквизитор следит за своим имуществом — посудой, утварью: не надо ли что-нибудь убрать, принести, заменить?

Но вот все готово к съемке. Режиссер командует: «Тихо в павильоне!» И все замирают. «Мотор!» Оператор включает камеру. Актер начинает играть очередной отрывок. Сейчас он живет жизнью своего героя, той жизнью, которую увидит зритель. Всего несколько секунд, пока не прозвучит команда: «Стоп!» И снова приходит в движение хлопотливый муравейник. Готовят следующий отрывок...

Но вот съемка окончена. Кинопленку отправляют в цех обработки пленки. Там стоят *проявочные машины.* Увлекаемая вращающимися барабанами и роликами, пленка проходит через раствор проявителя, затем промывается водой и идет в бак с закрепляющим раствором. После закрепления пленка снова промывается и попадает в *сушильный шкаф.* Высушенная пленка наматывается на *приемную катушку.* Путь цветной пленки еще сложнее.

С проявленных негативов на *копировальных аппаратах* печатают позитивы. Их тоже проявляют и передают в цех монтажа. Монтажницы склеивают все сцены в нужной последовательности по указанию режиссера. Звуковую пленку монтируют пока отдельно. Потом, когда фильм уже смонтирован, звук перезаписывают, добавляя музыку и недостающие шумы. Готовый фильм отправляют на кинокопировальную фабрику.

Цвет в кино появился после того, как создали цветную фотографию. Картина стала еще более жизненной. Но все же она осталась картиной: зритель сидит в зале, а действие происходит в рамке, на стене. А нельзя ли сделать так, чтобы зритель чувствовал себя участником действия?

Чтобы решить этот вопрос, нужно было прежде всего определить, чего же именно недостает киноизображению. Наконец ученые пришли к выводу, что недостает объемности и «эффекта присутствия».

Хотя оба наши глаза смотрят на одно и то же, видят они немного по-разному. Сливаясь воедино в нашем сознании, эти два изображения создают впе-

Отдельные моменты движения в кинофильме. Картинки немного разные, хотя и очень похожи.

чатление объемности предметов, глубины пространства (см. т. 7 ДЭ, ст. «Органы чувств»). Поэтому, чтобы изображение в кино стало объемным, нужно на киноленте иметь 2 изображения: для каждого глаза — свое. Киносъемочной аппаратуре дают второй «глаз» — второй объектив. Проекционный аппарат отбрасывает на экран сразу 2 изображения: «правое» и «левое». Но каждый глаз зрителя должен видеть только свое. Для этого зрителям надевают специальные очки либо устанавливают перед экраном *растр* — сетку из тонких проволочек или прозрачных линз специальной формы.

Так удалось «перекинуть мост» между экраном и зрительным залом. Живая картина как бы вышла из своей рамы навстречу зрителю. Но есть и другой путь: не картину вынести в зал, а зрителя вовлечь в картину. Представьте себе, что вы сидите в классе. Вы ясно, отчетливо видите учителя, классную доску, передние парты. Краешком глаза вы видите также товарищей, сидящих справа и слева. Изображения их вырисовываются смутно, в общих чертах. Но стоит одному из них сделать резкое движение — вы сразу это заметите.

Боковое зрение создает впечатление глубины окружающего пространства, ощущение вашего присутствия в нем. Это и есть так называемый «эффект присутствия». Он имеет еще большее значение, чем объемность изображения. Но для его создания нужен очень большой экран, такой, который мы видим в широкоэкранных кинотеатрах: ширина его гораздо больше обычного — 15—20 м. Широкий экран часто делают вогнутым. Такой экран — сложное и громоздкое сооружение.

И все же полного «эффекта присутствия» широкоэкранный кинематограф не дает. Ширину экрана нужно было бы довести до 25—30 м. Однако с обычной 35-миллиметровой пленкой это уже невозможно. Увеличение получается слишком большим, изображение распадается на пятна, делается рябым.

Одна из систем, создающих полный эффект присутствия,— это так называемый *широкоформатный кинематограф*. Из названия видно, что здесь используется пленка более широкого формата: не 35, а 70 мм. Приходится создавать новые, особые аппараты и для съемки, и для монтажа, и для проекции более широкой пленки. Тем не менее широкоформатное кино у нас успешно развивается. По этой системе уже сняты многие десятки художественных фильмов. Для того чтобы можно было показать эти фильмы на обычных киноустановках и по телевидению, приходится часть копий выпускать на 35-миллиметровой пленке. Разумеется, при просмотре этих копий «эффект присутствия» не получается.

Осветительная техника

Для первобытного человека источниками света были солнце да луна. Прошло еще очень много времени, прежде чем человек осветил свое жилище *факелом*, зажженным от костра. Отколотые от полена щепочки — *лучины* — и *фитили*, плавающие в каменных плошках, наполненных жиром, верно служили людям, пока лет 200 назад не появились *свечи* — вначале сальные, потом стеариновые и, наконец, парафиновые. О том, как горит свеча, как по фитилю поднимается расплавленный воск или парафин, как он испаряется и вспыхивают раскаленные пары,— обо всем этом рассказано в прекрасной книжке М. Фарадея «История свечи».

Постепенно, особенно там, где легко было проводить газовые трубы, стало появляться газовое освещение. Улицы, дворы и цехи заводов осветились *газовым светом*. На улицах появились конные экипажи и автомобили с ацетиленовыми *фонарями*.

Но в домах господствовали *керосиновые лампы*. Постоянная забота о керосине и фитилях, копоть керосиновых ламп, ядовитость светильного газа заставляли думать о новом источнике света. И он был найден — это была *электрическая лампочка*.

Наступил век электричества.

На чем же основана работа электрической лампочки? Всем нам хорошо знакомо явление — нагревание проводника электрическим током. А нагревание, доведенное до определенной температуры, превращается в *накаливание* — главное средство для получения света. Для того чтобы осуществить превращение электрической энергии в световые волны, нужно выбрать такой материал для нити накаливания, чтобы он был электропроводным и тугоплавким.

Лампочки с угольными, танталовыми и осьмиевыми нитями накала напоминают о том, сколько разных материалов было перебрано, прежде чем лампочка с вольфрамовой спиралью стала незаменима всюду. В настоящее время в мире выпускается примерно 3 млрд. ламп накаливания в год. Они применяются для освещения улиц и домов, в медицине и в сельском хозяйстве...

Лампа накаливания — самый распространенный источник света. Она работает и на постоянном и на переменном токе, для ее включения не нужны дополнительные устройства, и для большинства работ она обеспечивает нам нормальное восприятие цвета. Но все же свет лампы накаливания далек от солнечного, а затрачиваемое количество электричества слишком велико в сравнении с получаемым светом.

Еще в начале XIX в. была высказана мысль об использовании электрической дуги для освещения. В 1876 г. была изобретена *дуговая лампа* с угольными электродами, положившая начало практическому использованию электрического разряда для освещения. Разряд в дуговых угольных лампах того времени происходил в воздухе. До сих пор такие лампы можно встретить в театральных прожекторах.

Электрический разряд в инертных газах, в воздухе, парах металлов и их смесей дал начало *газоразрядным лампам*.

Газоразрядные лампы дают значительно больше света, чем лампы накаливания, а электричества затрачивают намного меньше. И служат они людям очень долго. Если лампочка накаливания может непрерывно гореть лишь 1,5 месяца, то срок службы некоторых газоразрядных ламп — 1,5 года. Лампы, в которых разряд происходит в парах ртути,— *люминесцентные лампы* — применяют для освещения помещений в кинотеатрах, магазинах и учреждениях. Формы их самые разные: прямые, V-образные, кольцевые, желобковые, панельные. Всем хороши люминесцентные лампы, но они непригодны для освещения улиц городов с холодными зимами. Как же освещать строительные площадки, открытые разработки полезных ископаемых, площади городов? Тут на помощь пришли мощные *дуговые ртутно-кварцевые лампы высокого давления* (ДРЛ). Лампы ДРЛ продлевают день на улицах зимой и освещают высокие цехи на заводах. Вся беда лишь в том, что под действием света, излучаемого ими, мы неправильно воспринимаем цвета окружающих нас предметов. Лица людей приобретают зеленоватый оттенок, а синий цвет пальто становится очень уж синим. Но, наверно, для улицы это не так страшно.

В принципе работы *натриевой лампы* лежит электрический разряд в парах натрия. Натриевая лампа дает ослепительный, сильный свет. Используются такие лампы для освещения автомобильных дорог, мостов, тоннелей.

И все же человек хочет иметь такой источник света, который был бы небольшим кусочком солнца. Газоразрядные лампы, разряд в которых происходит в ксеноне,— *ксеноновые лампы* — называют имитаторами солнца, потому что свет, излучаемый ими, близок к свету пасмурного дня. Уже сейчас такие лампы применяют для освещения больших территорий, устанавливая их на мачтах и подвешивая на аэростатах.

Мы рассказали о разных источниках света, служивших людям с древности до наших дней.

Современный электрический *светильник* — это световой прибор, состоящий из источника света и осветительной арматуры. Светильники могут быть разными: настольными, настенными *(бра)*, подвешенными к потолку *(люстры)* и напольными *(торшеры)*.

Как получают питьевую воду

Сколько воды на земном шаре?

1500 000 000 000 000 000 м³. Это значит, что на каждого жителя планеты приходится в среднем 500 млн. м³ воды — целое море. Однако — странная вещь! — воды не хватает. Летом она часами не идет из водопроводных кранов Нью-Йорка и Рима, а в такой стране, как Кувейт, вода дороже нефти.

Чем же объяснить жажду человечества при таких невероятных запасах влаги? Оказывается, что 94% воды земного шара — это соленая вода морей и океанов, ее пить нельзя, 1,6% — «законсервировано» в ледниках и лишь 4,4% всех водных запасов представляет собой пресную воду рек и озер.

Может быть, людям и хватило бы этих 4,4% пресной воды, но природа распределила ее по земному шару крайне неравномерно.

Недостатком пресной воды, ее неравномерным распределением на земном шаре и определяется водный кризис — одна из важнейших проблем человечества. И она становится все более острой в связи с ростом промышленности. Чтобы получить тонну резины, надо израсходовать 2,5 тыс. м³ воды, тонну никеля — 4000 м³, капрона — 5000 м³. А целлюлозно-бумажный комбинат расходует столько же воды, сколько население крупного города. Тысячи миллиардов кубометров воды ежегодно расходует сельское хозяйство (см. т. 1 ДЭ, ст. «Вода и человечество»).

Откуда же люди берут воду? Сегодня в основном из рек и озер.

Вода приходит в дом

Можно ли пить сырую воду из водопроводного крана? Ту самую, что пришла к вам в дом из рек и озер? Или ее нужно сначала прокипятить?

Ответ на этот вопрос такой: можно. В водопроводной воде, которую мы с вами пьем, болезнетворных микробов нет.

Питьевая вода не имеет запаха, бесцветна, и, кроме того, она вкусная. Все эти свойства водопроводной воды предусмотрены Государственным стандартом.

По Государственному стандарту (ГОСТу) СССР в питьевой воде может находиться не более 2 мг/л взвешенных веществ, а это всего две части на 1 млн. И это закон для питьевой воды. Но взвешенные вещества не только портят вкус воды, в них прячутся и болезнетворные бактерии. Поэтому в СССР намечают сократить количество взвесей в питьевой воде еще в 2 раза.

ГОСТ устанавливает количество железа в питьевой воде, чтобы она не имела вяжущего привкуса и не оставляла желтых пятен на ваннах и раковинах, ГОСТ устанавливает, сколько в питьевой воде должно быть фтора, мышьяка, цинка.

Однако такую чистую воду в нашей стране стали получать сравнительно недавно, только в XX в. Раньше в России воду подавали в города почти без всякой очистки, хотя, по свидетельству газет прошлого века, вода в Москве и Петербурге в местах водозабора была очень грязной. В 1882 г. даже вышел указ, запрещавший движение пароходов по Екатерининскому каналу в Петербурге: власти опасались, что брызги от пароходных колес могут попасть на пассажиров и заразить их тифом.

Как же получают питьевую воду? Чтобы ответить на этот вопрос, проделаем небольшое путешествие — проследим путь воды от реки к крану.

Некоторые из вас, очевидно, спросят, а почему воду берут именно из реки, когда подземные воды гораздо чище поверхностных. Часто их можно пить без всякой очистки. Это верно, но запасы подземных вод ограниченны и используют их для водоснабжения редко. Крупные города снабжаются водой из рек и водохранилищ, а поэтому необходима очистка воды. Процесс этот очень трудоемкий.

Речную воду прежде всего направляют на *водопроводную, или очистную, станцию* — громадный завод, вырабатывающий чистую воду. Но прежде чем вода дойдет до станции, она поступает в специальные *водоприемники*.

Это колодцы, но не такие, какие вы видели в деревне, а современные, промышленные. Каждый колодец состоит из железобетонной камеры, передняя стенка которой выходит непосредственно в русло реки. Вода поступает в водоприемник через входные окна, расположенные в передней стенке, и забирается насосами через всасывающие трубы. Входные окна водоприемников оборудованы решетками и сетками, чтобы сразу очистить воду от крупных предметов, планктона, водорослей. Часто водоприемники делают круглыми, их диаметр бывает равен 25—30 м.

Насосы, которые забирают воду из реки, называются *насосами I подъема*. Они подают воду на первое сооружение водопроводной станции — *смеситель*.

Смеситель — это железобетонный резервуар, где вода с помощью пропеллеров перемешивается со специальными химическими добавками — *коагулянта-*

Схема снабжения города водой: *1* — водоем, из которого берут воду для города; *2* — смеситель; *3* — камера хлопьеобразования; *4* — отстойник; *5* — фильтр; *6* — резервуар для чистой воды.

Внизу: коагулянты — химические добавки, которые заставляют мельчайшие взвешенные вещества слипаться между собой и выпадать в осадок.

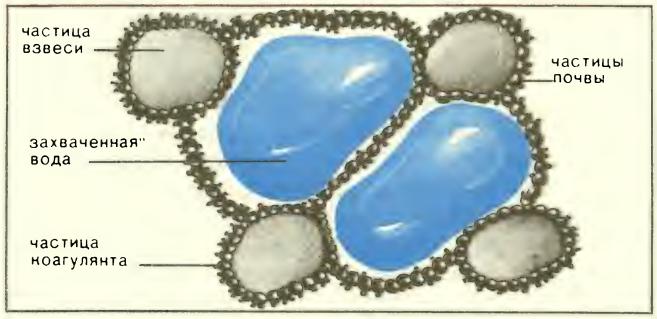
ми. Коагулянты заставляют мельчайшие взвешенные вещества слипаться между собой — образуются тяжелые крупные хлопья. Но в самом смесителе реакция не идет — речная вода еще только перемешивается с коагулянтами. Хлопья вызревают в следующем сооружении, которое так и называется *камерой хлопьеобразования.* В смесителе вода находится 1—2 мин, а в камере хлопьеобразования она задерживается на 30 мин. За это время хлопья успевают образоваться во всем объеме воды.

А в следующем сооружении — *отстойнике,* похожем на дорожку в плавательном бассейне, эти хлопья под действием силы тяжести выпадают на дно, а сверху остается очищенная вода.

Но и эту воду пить нельзя. В ней много взвешенных веществ. Поэтому воду пропускают еще и через *фильтры* — громадные железобетонные ящики с песком и антрацитом.

Фильтры стоят в ряд в огромном, просторном зале. Все сотрудники станции подходят к фильтрам только в белых халатах. Воду льют сверху, она проходит через антрацит, который задерживает частицы покрупнее, а затем через песок — в нем остаются совсем мелкие частицы. Фильтры полностью автоматизированы. Когда фильтр загрязняется, он *сам* автоматически отключается на промывку, а после промывки *сам* начинает работать.

После фильтра вода внешне от водопроводной не отличается, но пить ее все равно еще нельзя: часть микробов проходит и через фильтр. Воду необходимо обеззараживать. Для этого на большинстве водопроводных станций используют газообразный хлор: он убивает в воде бактерии и тем самым завершает обработку речной воды. Контакт воды с хлором происходит в специальном *контактном резервуаре.* Но



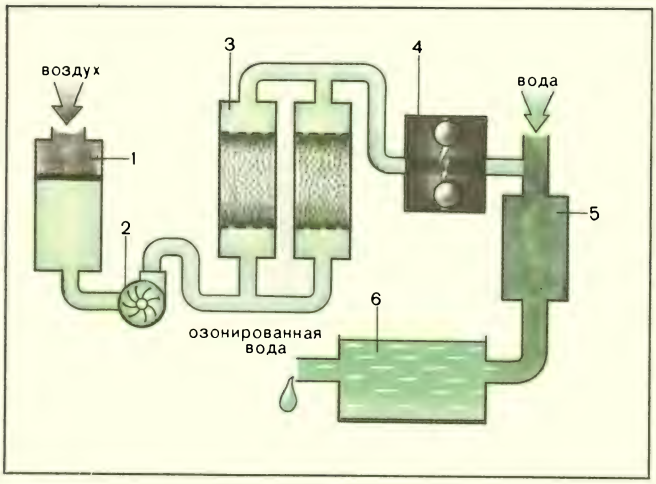
этот способ имеет существенный недостаток: вода приобретает запах хлора.

В поисках более удобного способа обеззараживания питьевой воды инженеры обратили внимание на газ озон — O_3. Озон не только, как и хлор, уничтожает бактерии и микроорганизмы, но и лишает воду неприятных запахов.

Существуют разные конструкции *озонаторов,* но все они в принципе устроены одинаково и состоят из множества ячеек. Каждая из ячеек представляет собой расположенные на небольшом расстоянии друг от друга электроды: один находится под высоким напряжением, а второй заземлен. Между электродами возникает электрический разряд, и в его поле из воздуха образуется озон. Затем озон смешивают с водой. Очищенная озоном вода по вкусу, запаху и другим свойствам намного превосходит воду, обеззараженную хлором.

Вода обеззаражена. Теперь ее можно пить. Но для этого ее надо сначала переправить с водопроводной станции в ваши дома.

С водопроводной станции воду забирают и отправляют в город с помощью насосов. Они обычно стоят



Озонатор. Между электродами озонатора возникает электрический разряд, и в его поле из воздуха образуется озон. Озон обеззараживает воду: *1* — пылеуловитель; *2* — газодувка; *3* — колонка для осушки воздуха; *4* — озонатор; *5* — смеситель; *6* — резервуар.

в одном здании и образуют целую *насосную станцию II подъема.*

Установлено, например, что каждый житель Москвы получает в день в среднем 400 л воды. Однако известно также, что население городов потребляет воду неравномерно: утром, например, когда большая часть людей умывается и готовит завтрак, воды расходуется гораздо больше, чем в середине дня. Инженеры заметили даже, что потребление воды в городе резко снижается во время крупных футбольных матчей, когда тысячи болельщиков сидят на трибунах и у телевизоров.

Чтобы в часы «пик», когда расходуется особенно много воды, люди не испытывали недостатка в ней, в водопроводную сеть включают *водонапорную башню.* Там вода накапливается в часы, когда потребление падает, и подается к потребителям в часы «пик». Правда, чем город больше, тем меньше заметны «пики» и спады в потреблении воды. Поэтому в крупных городах СССР водонапорных башен обычно не строят. Там вода накапливается в специальных *резервуарах* на очистной станции. Когда воды расходуется особенно много, на очистной станции включают дополнительные насосы, и запасы воды из резервуаров поступают к потребителям.

Водопроводная сеть города очень сложна. Насосы день и ночь гонят воду по водопроводам в городскую водопроводную сеть — весь город испещрен паутиной подземных труб. К ним присоединяются тонкие вертикальные трубы, вделанные в стены домов. Под давлением, которое создают далекие насосы станции II подъема, вода поднимается по этим трубам на все этажи зданий... Стоит открыть кран — и из него бежит струя чистой воды. Пьем и не думаем о том, что она пришла к нам в дом из реки или озера.

Однако, как мы знаем, источники пресной воды имеются далеко не везде. Есть места на земном шаре, где людей окружают только соленые воды морей и океанов. И поэтому перед человечеством встает вопрос: как сделать соленую воду пресной?

Как сделать соленую воду пресной

Существует много методов опреснения соленой воды. Один из них — *дистилляция* — издавна известен людям. Если нагревать морскую воду, а пар охлаждать, то из пара получится пресная вода. На этом и основан принцип дистилляции.

Простейший *опреснитель-дистиллятор* состоит из котла, где нагревается до кипения морская вода, и холодильника, где конденсируется выделяющийся пар. При этом для охлаждения пара используется соленая вода, которая затем идет на опреснение. Пар подогревает охлаждающую его соленую воду, а тем самым частично используется тепло, израсходованное на опреснение воды.

Единственный в мире город, снабжаемый только опресненной водой,— это город Шевченко, расположенный на безводном полуострове Мангышлак в Каспийском море. Пресную воду городу дает опреснитель-дистиллятор. Сегодня у такого опреснителя один большой недостаток — его вода слишком дорога. Ведь чтобы испарить воду для целого города, надо иметь громадное количество топлива — угля и электричества, а они очень дороги.

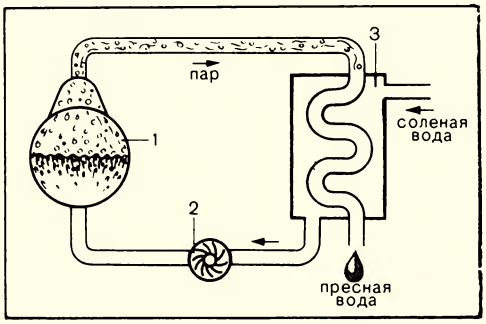
С переходом установки на ядерное горючее вопрос отчасти решен: 1 кг ядерного горючего заменяет тысячи тонн угля. Установка двухцелевая: тепло атомного реактора не только опресняет воду Каспия, но дает еще и электроэнергию.

Но и эта вода дороже речной.

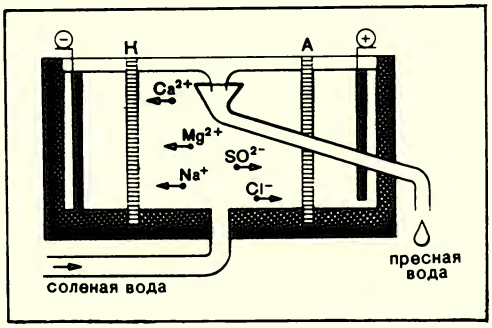
Существуют и другие методы опреснения. Например, в жарких странах можно опреснять воду солнечным теплом. Для этого строят похожие на парники *солнечные опреснители* — бассейны с крышами из прозрачного материала. Бассейн заполняют соленой водой, которая начинает испаряться под действием солнечных лучей. Но уйти пару некуда — бассейн закрыт двухскатной стеклянной крышей. Пар конденсируется на внутренней стороне крыши, и пресная вода стекает по наклонному желобу.

Так опресняют воду на юге. А что делать, если пресной воды не хватает на севере? Оказывается, что здесь ее можно получить из... льда. Пресная вода

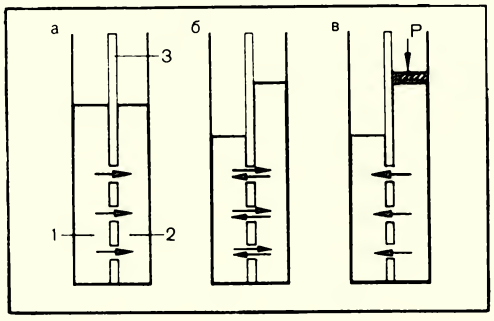
Схема опреснителя-дистиллятора, в котором получают пресную воду: *1* — котел; *2* — насос; *3* — холодильник.



Опреснение методом электродиализа. Под действием электрического тока ионы солей начинают двигаться: положительные — к катоду, а отрительные — к аноду.



Слева внизу: осмотическое давление. Если между соленой и пресной водой поставить полупроницаемую перегородку, то молекулы воды начнут переходить из пресной воды в соленую: *1* — пресная вода; *2* — соленая вода; *3* — полупроницаемая мембрана.



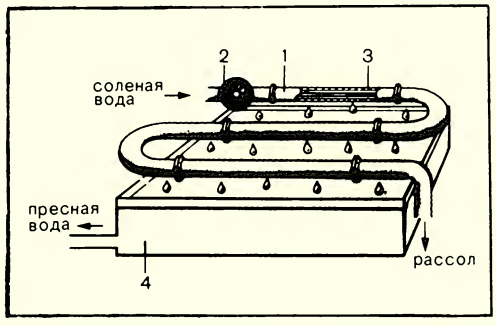


Схема гиперфильтрационной установки. Соленая вода подается в установку под давлением, фильтруется сквозь мембраны, и опресненная вода вытекает из пористых труб в лоток: *1* — пористая труба из стеклопластика; *2* — насос; *3* — мембрана; *4* — резервуар для опресненной воды.

замерзает раньше соленой. Если замораживать соленую воду, то произойдет ее разделение на лед, образовавшийся из пресной воды, и рассол. Потом лед извлекают и растапливают — получается пресная вода.

Ученые предлагают немало и других способов опреснения воды. В томе 3 ДЭ, в статье «Удивительная судьба одного простого открытия», рассказывается, например, об опреснении с помощью ионообменных смол.

Можно использовать для этой цели также электроэнергию. Ведь если в сосуде с соленой водой создать электрическое поле, то ионы солей начнут двигаться согласно знаку своего заряда: положительные — к катоду, а отрицательные — к аноду, в середине останется опресненная вода. А чтобы задержать ионы солей у катода и анода, сосуд делят на 3 части полупроницаемыми ионитными перегородками. Ионитные перегородки из катионита не пропускают анионов, но пропускают катионы. Анионитовые перегородки пропускают анионы, но непроницаемы для катионов. В результате большая часть катионов перемещается в катодное пространство, анионов — в анодное, а в середине остается опресненная вода.

Но особое внимание ученых привлекает метод опреснения соленой воды, который называется *гиперфильтрацией*.

Возьмите морковку. Отрежьте от нее зеленый хвостик и вставьте в морковку стеклянную трубку. Если теперь налить в трубку морскую воду и поставить морковку в стакан с водопроводной водой острием вниз, то спустя некоторое время вы заметите, что уровень воды в трубке начнет ползти вверх. Пресная и соленая вода отделены друг от друга полупроницаемой мембраной (морковкой), которая пропускает молекулы воды, но задерживает частицы растворенных солей. В единице объема пресной воды молекул больше, чем в единице объема соленой воды: там какое-то место занимают растворенные соли. Поэтому молекулы пресной воды чаще ударяются в мембрану. Следовательно, давление со стороны пресной воды будет больше. Избыточное давление заставляет молекулы воды проникать сквозь полупроницаемую мембрану в соленую воду. Это явление носит название *осмоса*, а избыточное давление со стороны менее концентрированного раствора называют *осмотическим давлением*. Если с одной стороны мембраны налита океанская вода, содержащая 35 г солей на 1 л, а с другой — дистиллированная, то осмотическое давление составит 2,4 МПа.

А что будет, если со стороны соленой воды искусственно создать избыточное давление, превышающее осмотическое? Тогда вода будет проникать через мембрану в обратном направлении, концентрация соленого раствора повысится, а по другую сторону станет накапливаться опресненная вода. На этом явлении и основан метод гиперфильтрации, который еще называют и методом *обратного осмоса*.

Механизм происходящих при этом явлений еще не совсем ясен. Одна из гипотез, подтверждающаяся экспериментальными данными, состоит в том, что через поры мембраны проходят молекулы воды, а ионы солей, «обвешанные» со всех сторон молекулами воды, не проходят — они слишком велики. Мембрана, таким образом, работает как сито, которое отсеивает соли и пропускает воду. Этой гипотезе новый метод и обязан своим названием *гиперфильтрационного:* фильтрация происходит здесь сквозь такие мембраны, поры которых соизмеримы с размерами молекул воды (в отличие от обычного в практике водоснабжения фильтрования через песок и другие крупнопористые материалы). Испытания показали, что больше всего при гиперфильтрации задерживаются ионы кальция и сульфатные ионы — до 90%.

И может быть, с помощью гиперфильтрации суждено напоить жаждущие степи Туркмении, Казахстана и Прибалхашья, где под землей хранятся неограниченные запасы сульфатных солоноватых вод, а пресной воды почти нет.

Отопление, вентиляция, кондиционирование

Люди всегда стремились строить свои жилища так, чтобы уберечь себя от резких колебаний температуры и обеспечить приток в жилище свежего воздуха. Но эти требования противоречивы. С одной стороны, чтобы сохранить температуру внутри здания, нужно строить толстостенные герметичные помещения, где не потребуется никакого отопления, ведь организм человека сам выделяет тепло. С другой, чтобы можно было нормально дышать, нужно в стенах помещения обязательно оставлять какие-то щели. Ведь и яранги чукчей и хижины африканцев всегда имели отверстия в верхней части постройки. Такие же вытяжные отверстия под крышей были и у русских курных изб. Дым от очага собирался наверху и выходил через отверстие наружу. Взамен него через щели в стенах, дверях и окнах поступал наружный воздух. *Вентиляция и отопление взаимосвязаны.*

В современных зданиях обязательно устанавливаются *радиаторы* центрального отопления, в которые подается горячая вода с ТЭЦ или из котельной. Иногда вместо радиаторов делаются *отопительные панели* — стены, внутри которых замуровывают горячие трубопроводы. Последняя новинка в этой области — *тепловые обои и ковры.* Электрические нагревательные элементы, скрытые внутри них, на ощупь чуть теплые, но, поскольку вся комната имеет внутреннее теплоизлучающее покрытие, холод не чувствуется. Регулируют температуру в таком доме поворотом ручки реостата. Кроме этого, во всех новых домах предусмотрены *вентиляционные каналы.* Они пронизывают весь дом сверху донизу. Теплый воздух, как более легкий, поступает в отверстия, предусмотренные в стенках каналов, и удаляется наружу, а свежий наружный воздух через поры и мельчайшие трещинки в стенах, неплотности окон и дверей проникает в комнаты. В больших помещениях, чтобы избежать сквозняков, свежий воздух подается через приточные каналы.

Необходимость вентиляции жилищ врачи обосновали теоретически и практически еще в конце прошлого века. Доктор Гаммонд проделал опыт над мышью, поместив ее в большую бутыль с абсолютно чистым воздухом. Углекислота и водяные пары, которые выделяются при жизнедеятельности любого организма, поглощались специальными реагентами, а кислород, по мере его потребления мышью, добавлялся. И что же? Мышь вскоре погибла. Ее отравили органические соединения, которые после опыта обнаружили в бутыли. Крупнейший русский врач-гигиенист Ф. Ф. Эрисман установил, что если весь выдыхаемый человеком воздух пропускать через водоохлаждаемый змеевик, то вскоре в нем соберется очень вредный конденсат. Два кубических сантиметра этой жидкости, введенной в кровь собаки, убивают ее.

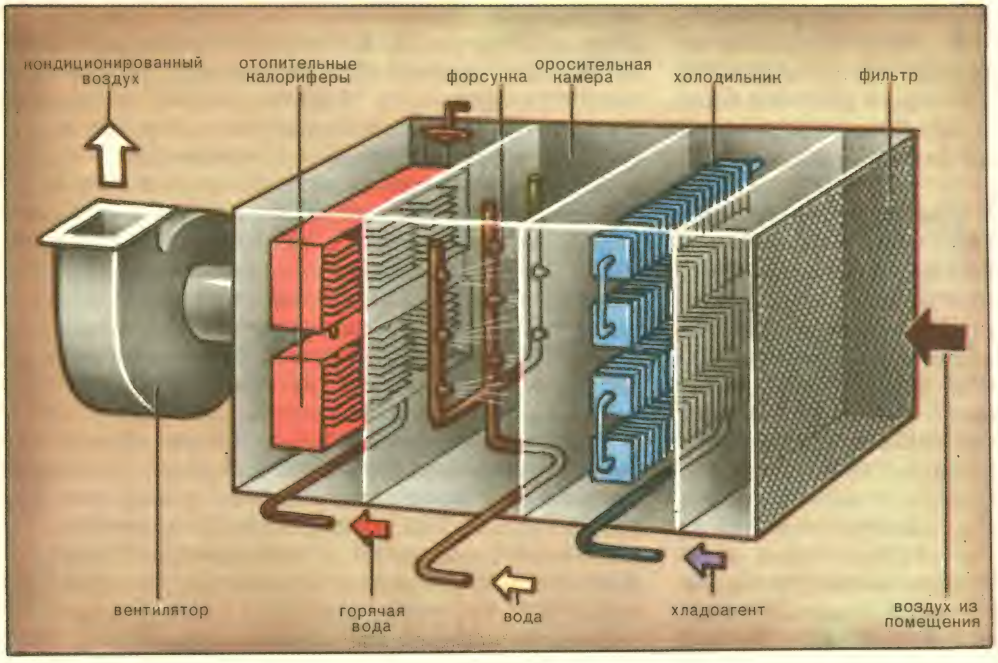
Человек не может долго находиться в невентилируемом помещении. Даже при достаточном содержании кислорода у него появятся признаки утомления, головные боли, тошнота, обмороки.

После Великой Октябрьской революции большое внимание стало уделяться проблеме чистого воздуха. Были созданы специальные институты, лаборатории, разработан целый комплекс мероприятий, чтобы обеспечить нормальные санитарно-гигиенические условия труда и быта.

Советские ученые создали стройную теорию вентиляции помещений. Удаление загрязненного и подача чистого воздуха стали основными требованиями охраны труда и техники безопасности. Над станками и аппаратами, выделяющими вредные газы,

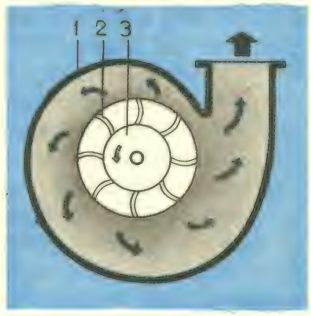
На рисунке изображен разрез жилой башни древних инков. В стене канал для вентиляции, соединяющий помещение с улицей. Сзади башни в беспорядке свалены камни, в зазоры между которыми мог проходить воздух. Днем камни нагревались солнцем, и в холодные свежие ночи в помещение от них приходил теплый воздух. За ночь камни охлаждались и охлаждали теплый воздух, который днем проходил через них в помещение. Поэтому даже в жаркий полдень в жилище инков было свежо.

Схема кондиционера для больших помещений.



Центробежный вентилятор из кислотоупорной пластмассы.

Внизу: схема центробежного вентилятора: *1* — улитка; *2* — лопасть; *3* — ротор.



как правило, устанавливаются зонты, присоединенные трубопроводами к вентиляторам. Различают *центробежные* и *осевые* вентиляторы.

Вентилятор состоит из *корпуса,* имеющего форму улитки, и *рабочего колеса* с радиально расположенными лопастями. Если это колесо вращать, воздух, находящийся между лопастями, под действием центробежной силы устремится к стенкам корпуса и выйдет из расположенного сбоку нагнетательного патрубка. Между лопастями образуется разрежение, и сюда через отверстия в центре корпуса устремится свежий поток воздуха.

В *осевых вентиляторах* при вращении пропеллера воздух перемещается в осевом направлении. По этому принципу работает обыкновенный настольный вентилятор. При вращении осевого вентилятора в одну сторону он нагнетает воздух, а в другую — засасывает.

Центробежный вентилятор может успешно работать только при вращении рабочего колеса по ходу спирали улитки.

При подаче в помещение свежего воздуха разветвленные приточные воздуховоды направляют его во все уголки цехов. Пять и даже десять раз в час вентиляторы полностью заменяют воздух в производственных помещениях. Улитки вентиляторов, подающих воздух в шахты и большие цехи, имеют большие размеры. Их производительность — тысячи кубометров воздуха в минуту.

Все чаще и чаще можно слышать термин «создание комфортных условий на рабочих местах». Цехи озеленяются, на полу и стенах ни пылинки, скрытые под потолком короба подают в помещение прохладный *кондиционированный* воздух.

Что такое *кондиционирование?* Это — поддержание чистоты, температуры и влажности воздуха, а если надо — и давления.

В природе нет абсолютно сухого воздуха — он всегда влажен. Даже в 1 м^3 воздуха пустыни Сахары несколько граммов водяного пара.

Если требуется понизить температуру воздуха, то этого можно достигнуть, введя в него дополнительное количество воды или пропустив воздух через холодильник. Если надо повысить температуру воздуха, то его подогревают. Если воздух нужно осушить, то его пропускают через холодильную камеру,

температура его понижается, и он становится суше: из воздуха выпадает влага в виде росы. Можно осушить воздух и холодной водой, если впрыснуть ее в камеру через форсунку. После камеры орошения, где выпадает роса, воздух иногда подогревают, чтобы повысить его температуру.

Современный *кондиционер* — это целый ряд последовательно установленных аппаратов. В каждом из них воздух претерпевает очередное превращение. Известный нам *вентилятор,* без которого не может обойтись ни один кондиционер, засасывает наружный воздух, перемещает его через камеры кондиционера и подает в помещение.

Следующим элементом является *фильтр* для фильтрации воздуха. Известны *электрофильтры,* в которых осаждаются частицы пыли под действием потока ионов, образующихся между двумя разноименными электродами. Часто применяются *кассетные фильтры,* состоящие из пористого вещества, натянутого на рамки. По мере загрязнения их заменяют. Наиболее распространен *масляный фильтр* непрерывного действия. Этот аппарат чем-то напоминает гусеницу танка. «Гусеница» стоит вертикально, подставляя потоку запыленного воздуха плоскости сеток, смоченных маслом. Пылинки оседают на масляной пленке, и по мере загрязнения сеток «гусеница» подставляет потоку воздуха новые рамки. Загрязненные же опускаются в ванну с маслом на отмывку.

После фильтра очищенный от пыли воздух попадает в *камеру орошения.* Здесь его встречают десятки фонтанчиков, образующих сплошную водяную завесу. Такой душ осушает и охлаждает воздух даже в самую сильную жару. Иногда вместо водяного охлаждения применяется *фреоновое.* Большие оребренные змеевики, омываемые изнутри фреоном, охлаждают воздух значительно эффективнее, чем орошение.

В зимнее время воздух подогревают. Для этого применяют *калориферные* установки. Они похожи на радиаторы водяного отопления. Проходя между рядами горячих труб, для увеличения площади поверхности теплопередачи сплошь покрытых ребрами из тонкой оцинкованной стали, воздух отнимает у них тепло. Иногда вместо горячей воды внутрь труб подается пар. Конденсируясь в калорифере, он отдает скрытую теплоту парообразования нагреваемому воздуху. Современные калориферные установки занимают много места.

Небольшие комнатные кондиционеры обычно делаются без калориферов. Как правило, их применяют только летом — для охлаждения наружного воздуха, поступающего в помещение.

Основа любой системы кондиционирования воздуха — *автоматика.* Автоматически регулируют температуру воздуха *биметаллические датчики.* Они состоят из латунных трубок, внутри которых помещены стержни из железоникелевого сплава — *инвара.* Температурный коэффициент линейного расширения латуни в 13 раз больше, чем инвара. Один конец стержня жестко соединен с трубкой, а другой свободно выходит из нее. При повышении температуры трубка удлиняется, и стержень утопает в ней. При этом он приводит в действие систему рычагов, и в результате прекращается поступление пара в калорифер или выключается холодильная установка.

Влажность в помещении регулируют *психометрические датчики.* Большое распространение получил датчик, чувствительным органом которого является человеческий волос. При повышении влажности пучки волос, натянутые между плечами рычагов, ослабевают. Рычаг поворачивается и замыкает электрический контакт в цепи автоматики, ведающей подачей воды в систему увлажнения.

Изобретены и автоматы, датчиком которых является чувствительный кристалл. При изменении влажности у кристалла меняется и электрическая проводимость. Полупроводниковый усилитель эти изменения превращает в электрический импульс, включающий исполнительный механизм кондиционера.

Созданы сложнейшие системы автоматики, десятки различных конструкций кондиционеров. Кондиционирование воздуха крайне необходимо на целом ряде производств. Много предстоит сделать для внедрения кондиционеров в санаториях, больницах, торговых центрах, поездах.

Современные установки кондиционирования воздуха установлены в музеях и больших библиотеках, где необходим всегда ровный климат, без каких-либо колебаний температуры и влажности. Книги, древние рукописи и старинные вещи не терпят ни влажности, ни чрезмерно сухого воздуха. В зале, где работают счетно-решающие машины, всегда должна быть постоянная температура. Полупроводниковый «мозг» машин не любит высоких температур.

Есть люди, которым врачи прописали горный климат. Поворот ручки регулятора — и кондиционер создаст нужные температуры, влажность и давление воздуха. В лабораториях, где проводятся опыты с микроскопическими дозами веществ, не должно быть ни пылинки. И в этом случае приходит на помощь кондиционирование воздуха.

Овладеть этой интересной специальностью можно в строительных техникумах и строительных вузах, на факультетах отопления и вентиляции.

Техника почтовой связи

От почтовой кареты до быстроходного лайнера

Техника почтовой связи долгое время была весьма примитивной. В 1653 г. впервые появились *почтовые ящики*. Их изобрел французский откупщик Ренуар де Виллайе. В XVI в. стали применять *почтовые кареты*.

Когда в 1830 г. открылась железнодорожная линия Ливерпуль — Манчестер, новому виду транспорта сразу же была поручена перевозка почты. Следующим шагом явилось создание *почтового вагона*. Он начал регулярно курсировать на линии Лондон — Бирмингам с 1839 г. В почтовых вагонах почту сортировали в пути, на станциях ее обменивали. Эти операции в почтовых вагонах производят и в наши дни.

Скоростные средства воздушного, автомобильного и железнодорожного транспорта XX в. значительно ускорили почтовые перевозки. Время обработки почты на почтовых предприятиях стало соизмеримо со временем, которое почта находится в пути от отправителя до адресата.

Необходимость быстрейшей передачи информации, различных сообщений для управления народным хозяйством, удовлетворения культурных потребностей населения настоятельно требует ускорить обработку и доставку адресатам почты. Это может быть достигнуто при механизации и автоматизации производственных процессов внутри почтовых предприятий.

Только в эпоху научно-технической революции, по существу, родилась и развивается новая отрасль техники — техника обработки писем, посылок, бандеролей, почтово-кассовых операций и их контроля. С помощью этой техники сортируют почту по сотням и тысячам адресов, распределяют газеты и журналы (экспедируют) для местных отделений связи, в газетные киоски и автоматы и т. д.

Создать специальные почтообрабатывающие машины, механизмы, автоматические поточные линии сложно потому, что велика разновидность почтовых пересылок, они неравномерно поступают на почтовые предприятия и отправляются адресатам.

Автоматы сортируют и доставляют письма

Вы написали письмо и опустили его в почтовый ящик. Проследим путь этого письма, а вместе с ним и путь миллионов других писем, которые ежедневно опускают в почтовые ящики Советского Союза.

Все поступившие на почту письма проходят несколько этапов обработки.

Обработка письменной корреспонденции включает: *сбор* писем из почтовых ящиков и учреждений, *сортировку* по пунктам назначения и *отправку* на транспорт, который доставит их во все края Земли. Конечный этап обработки корреспонденции — *доставка* ее населению и учреждениям.

В крупных областных и республиканских центрах письма обрабатывают на *сортировочных почтамтах*.

Обработка писем сейчас автоматизирована и производится на машинах, образующих единую автоматическую линию. Вначале письма сортируют по размерам на *разборочной машине*. Письма из бункера, в который их высыпают из мешков при помощи транспортных устройств, поступают к автоматическим *измерителям*. Эти измерители проверяют все геометрические размеры писем (высоту, длину, толщину и даже вес), после чего стандартные письма размерами от 162×114 до 148×105 собираются в специальные кассеты. Нестандартные (по длине, ширине, толщине) письма машина отделяет для ручной обработки. Стандартные письма поступают в *лицовочно-штемпелевальную машину*. Она укладывает письма при помощи фотоэлементов одинаково относительно адреса и марки и штемпелюет их. Некоторые машины опознают адресную сторону письма по марке, покрытой флуоресцентными (светящимися) красками или просто контрастным цветом, или по специальным меткам, которые печатаются на конверте в типографии. При штемпелевании наносятся оттиск календарного штемпеля и линии гашения почтовой марки (смотри фотографию поточной автоматизированной линии для обработки писем).

После этого следует *предварительная* (общая) сортировка писем. На этой операции письма сортируют по областям, областным центрам и крупным городам. После общей сортировки часть писем сортируют детально по предприятиям связи.

Автоматические письмосортировочные машины *считывают* цифровой адресный код, написанный отправителем на конверте (карточке) (как это делается вы можете увидеть на схеме устройства для считывания цифрового адресного кода), и распределяют конверты по специальным клеткам — *накопителям*. Во многих странах пользуются цифровым кодом адреса, который наносится отправителем на конверте. В некоторых странах цифры адресного кода, написанные отправителем на конверте, до сортировки писем преобразуются на специальных клавишных машинах в условный код в виде люминесцентных точек или черточек. Они прочитываются при помощи фотодиодов. Электрические сигналы от фотодиодов после усиления поступают в соответствующие исполнительные механизмы, направляющие «прочитанное» письмо в заданную клетку сортировочной машины (см. схему механической части автоматической письмосортировочной машины).

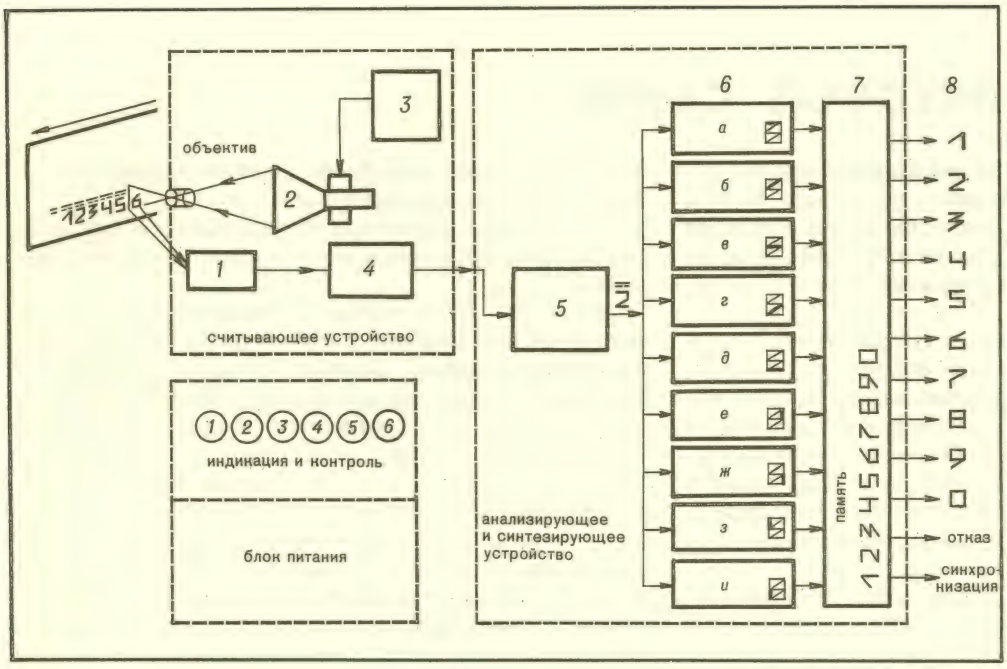
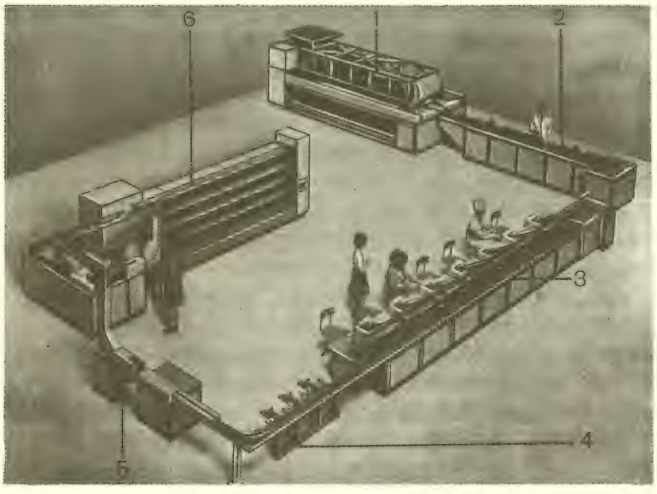


Схема устройства для считывания цифрового адресного кода автоматической письмосортировочной машины: *1* — фотоэлектрическое устройство; *2* — электроннолучевая трубка; *3* — блок развертки и управления; *4* — усилитель сигналов; *5* — блок обнаружения меток; *6* — блок выделения признаков в начертаниях цифр: *а* — верхняя горизонталь, *б* — верхний наклон, *в* — средняя горизонталь, *г* — нижний наклон, *д* — нижняя горизонталь, *е* — верхняя правая вертикаль, *ж* — нижняя правая вертикаль, *з* — верхняя левая вертикаль, *и* — нижняя левая вертикаль; *7* — блок сравнивания с памятью; *8* — выход цифрового читающего устройства.



На фото поточная автоматизированная линия для обработки писем: *1* — машина для разборки писем по габаритам; *2* — машина для лицовки и штемпелевания писем; *3* — рабочие места кодировщиков, которые подготавливают цифры адресного кода для считывания в сортировочной машине; *4* — в этих кассетах накапливаются письма для сортировки; *5* — устройство для установки кассет с письмами; *6* — автоматическая письмосортировочная машина.

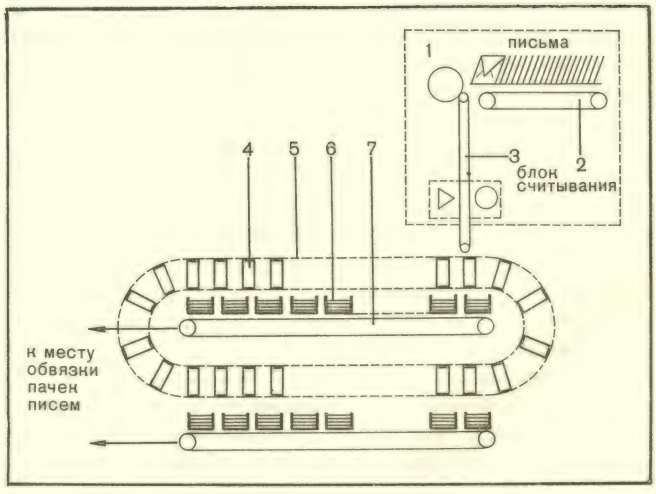


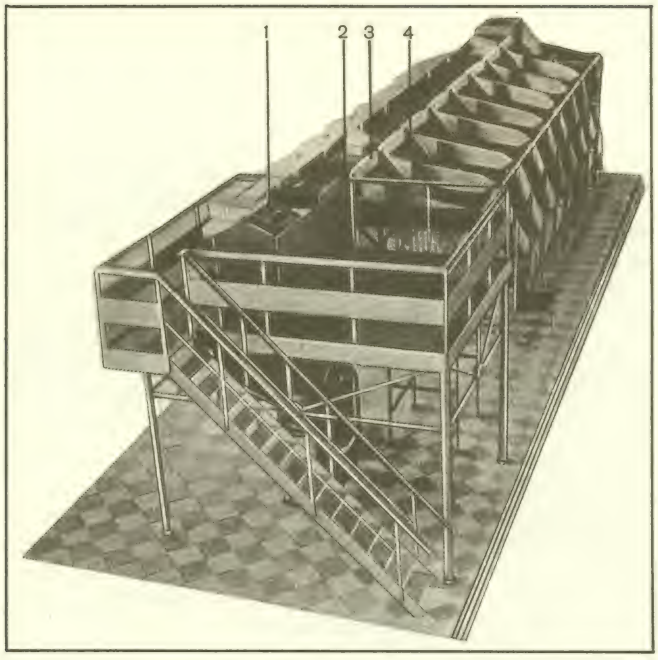
Схема механической части письмосортировочной машины.

В блоке сепаратора *1* письма продвигаются при помощи конвейеров *2* и *3*. После считывания цифрового индекса письмо поступает в каретку *4* распределительного конвейера *5*. Каретка с письмом продвигается к «своему» накопителю *6*. Из накопителей письма, сформированные в пачку, по команде оператора выбрасываются на ленточный конвейер *7* и на нем следуют к машинам, которые связывают эти пачки. Далее обвязанные пачки писем сортируют на машинах или вручную, укладывают в мешки и грузят в автомашины, почтовые вагоны, самолеты.

Машины отправляют посылки

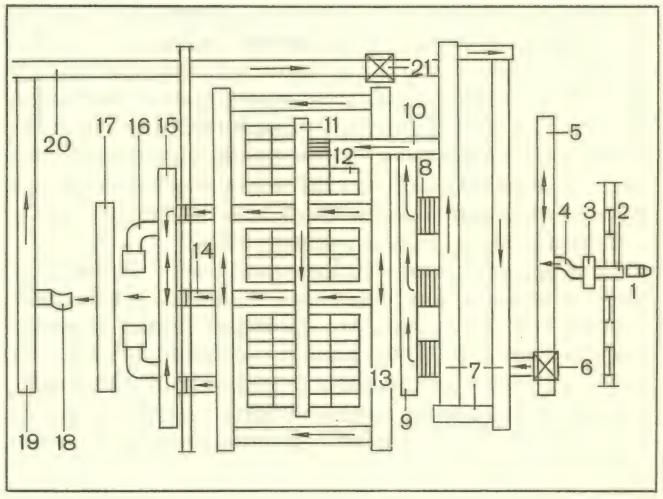
Понтовые посылки, которым предстоит совершить путешествие по разным городам страны, поступают в прижелезнодорожные почтамты для обработки и сортировки по пунктам назначения.

«Прибыв» в нужное место, посылки поступают в сортировочный почтамт. Там их сортируют по отделениям связи. Обработка посылок сопряжена с трудоемкими погрузочно-разгрузочными и транспортными операциями. Больших затрат труда требует и сортировка посылок.



Машина для сортировки посылок: *1* — пульт управления; *2* — грузонесущий конвейер; *3* — сбрасыватель грузов; *4* — накопитель.

Схема механизированного процесса сортировки «уезжающих» посылок.



Посмотрите схему, на ней механизированный процесс сортировки «уезжающих» посылок в одном из действующих сортировочных почтамтов в СССР.

Из автомобиля *1* посылки выгружаются на ленточный транспортер *2*. С него через люк *3* по наклонному винтовому спуску *4* они поступают на ленточный транспортер *5*, который находится в подвальном помещении. Отсюда посылки при помощи цепного подъемника непрерывного действия *6* поступают на замкнутую систему конвейеров *7*. С этой системы маркировщики сталкивают посылки на роликовые столы *8*. Маркировщики проставляют мелом на посылках согласно их адресам номера соответствующих накопителей сортировочной машины.

Замаркированные посылки сталкиваются на ленточный транспортер *9* и на нем следуют к питающему сортировочную машину устройству *10*. Отсюда посылки направляются оператором-сортировщиком на сортировочный конвейер *11*.

Оператор на пульте сортировочной машины нажимает клавиши, соответствующие замаркированному номеру посылки, и сталкивает ее на стол — толкатель *сортировочной машины*, которая состоит из *грузонесущего конвейера, сбрасывателей грузов* и *накопителей*. Из накопителей *12* рассортированные посылки грузятся по системе ленточных транспортеров *13, 14, 15* и при помощи механизмов для погрузки *16* в почтовые вагоны *17*.

Из почтовых вагонов посылки, подлежащие сортировке на этой же сортировочной машине, выгружаются из вагонов в механизированный люк *18*, встроенный в платформу. Через люк посылки поступают на ленточный транспортер *19*, смонтированный под платформой. По системе ленточных транспортеров *19, 20* и цепному подъемнику *21* посылки поступают на замкнутую систему конвейеров *7*. Далее «транзитные» посылки совершают тот же путь, как и те, которые только начинают свое путешествие.

Пожарная техника

Далеко не сразу люди научились побеждать пожары, опустошавшие целые города и села. Сохранились, например, записи о событиях 1475 г. в Тбилиси, когда город горел 13 суток. У одного из летописцев мы читаем: «Меч лишил жизни 10 тысяч человек, а пожары поглотили вдвое больше!»

За первые 400 лет своего существования Москва горела около 100 раз, а дотла — 13. Шли годы, а справляться с пожарами было нечем. В XII в. единственным способом борьбы с огнем в Москве был снос ближайших к пожару строений. Для спасения незагоревшихся построек их закрывали большими кожами или «парусами» из холста, которые поливали водой из ведер.

В суровую зиму 1837 г. в Петербурге сгорел Зимний дворец. Руины дворца горели 7 суток, несмотря на то что на Дворцовую площадь беспрерывно въезжали упряжки лошадей с бочками на телегах, на-

зывавшимися *бочечными ходами*. Подавали воду из этих бочек 16 ручных пожарных насосов. Но маломощные струи воды из-за высокой температуры горящего строения превращались в пар и не могли погасить пламя. К тому же кожаные рукава на сильном морозе периодически замерзали и не пропускали воду... Эрмитаж удалось сохранить лишь потому, что крытую галерею, соединявшую это помещение с Зимним дворцом, заложили кирпичом.

Во второй половине XIX в. появились *паровые пожарные насосы*, а к концу века и *паровые пожарные машины*. Но было их в России перед первой мировой войной не более 15. Во всех крупных городах на пожары по-прежнему выезжали длинными обозами — впереди конный вестовой, за ним конная линейка, рукавный возок, бочечные хода — на 35—40 ведер каждый...

Лишь после установления Советской власти пожарная охрана нашей страны стала оснащаться передовой техникой. Уже в 1919 г. рассматривался вопрос о конструкциях пожарных автомобилей. В 1921 г. Советское правительство отпускает 54 тыс. руб. в золотой валюте на приобретение различного противопожарного оборудования. А еще через 5 лет у нас в стране налаживается производство *пожарных машин*. В ходе технического перевооружения наша промышленность освоила выпуск новых пожарных автомобилей с кабинами закрытого типа, которые постоянно совершенствуются.

Что же представляет собой современная пожарная техника, без которой не обходится сегодня ни один выезд на пожар?

...Поздно вечером на центральный пункт пожарной связи поступило сообщение о пожаре в многоэтажном доме. Услышав сигнал тревоги, боевой расчет бросается к пожарной машине. В ее цистерне 4000 л воды, а в специальном баке 180 л пенообразователя. Шофер уже на месте, двое бойцов садятся рядом с ним, а еще четверо забираются в кабину боевого расчета. И вот красная машина, включив сирену, мчится к месту происшествия. У светофора шофер резко затормозил... Он не опасался удара массы воды в цистерне — там установлен *волнолом*, он «погасит» удар. Мгновение, и боевая машина вновь мчится на максимальной скорости — 75 км/ч. Вот и место пожара. Звучит команда боевого развертывания. С помощью дистанционного управления опускается на землю катушка, на которую намотаны *пожарные рукава*. Она находится в закрытом отсеке за цистерной. Из специальных пеналов бойцы вытаскивают четырехметровые всасывающие рукава. Непосредственно к очагу пожара прокладывается рукавная линия. А в это время лафетный ствол, укрепленный на крыше кабины, уже введен в действие и подает для тушения огня мощную струю воды длиной свыше 70 м. Ствол можно поворачивать в любую сторону, вверх и вниз.

Воду в пожарные рукава качает из цистерны *пожарный насос*, установленный в кабине боевого расчета. Насос может накачивать 2400 л воды в минуту. Для работы одного рукава диаметром 77 мм потребуется 8—10 мин. Когда воду израсходуют, автоцистерну вновь наполняют из ближайшего источника или водопровода. Насос подает воду в рукавные линии.

Одновременно с *автоцистерной* на пожар прибыл и *автонасос* со своим боевым расчетом. Автонасос также присоединяют к источнику воды. От него бойцы прокладывают магистральную линию и подают воду по 2 направлениям в очаг пожара. Но у автонасосов один недостаток — пожарные рукава приходится прокладывать вручную. Впрочем, есть автомобили, называемые *рукавными*. Они доставляют на место до 2,5 км рукавов, с помощью специальных приспособлений рукава разматываются на ходу. Чтобы проложить одновременно две магистральные линии, в 740 м каждая, такому автомобилю требуется всего 2,5 мин. Автомобиль оборудован механизированным устройством для сборки и укладки рукавных линий.

Посмотрим, какая еще техника действует на пожаре. Вот *штабной автомобиль*. В нем размещается оперативная группа, или штаб тушения. В кузове стол с пультом управления, радиостанцией, телефоном и микрофоном громкоговорителя. Отсюда по радио и телефону поддерживается связь штаба тушения с участком пожара. Отсюда же руководитель тушения дает распоряжение о высылке *автомеханической лестницы*, специального *автомобиля связи* и *освещения*, пожарного *автомобиля воздушно-пенного тушения* и, наконец, специального пожарного *автомобиля технической службы*. Вся эта техника действует четко и слаженно. Менее чем за минуту 45-метровая лестница достигла крыши здания. На лифте туда поднимается боец со стволом... При необходимости он может через окна горящего дома эвакуировать людей.

Место пожара, если он возник ночью, освещается мощными прожекторами. Об этом заботится экипаж специального автомобиля. Средства освещения получают энергию от городской сети, которая поступает на силовой щит автомобиля. Впрочем, на автомобиле имеется и свой собственный генератор.

Чтобы справиться с пожаром в подвале дома, руководитель тушения дает распоряжение подготовиться к пенной атаке. Специальный автомобиль достав-

Пожарная паровая машина XIX в.

ляет на место пожара 4000 л пенообразователя, из которого можно получить воздушную механическую пену объемом в 100 и более раз большем, чем объем самого пенообразователя. Поэтому такая пена называется еще *высокократной*. Пена эта воздушная, как мыльная пена. Ее белые хлопья заполняют один отсек подвала за другим и «душат» пламя. Это новейшее и очень эффективное средство тушения пожара, особенно если вспыхнут легковоспламеняющиеся вещества. От автоцистерны подаются 2 ствола с воздушно-механической пеной, которая образуется с помощью пеногенераторов.

Итак, пена погасила огонь в подвале. Но остался дым. Его из помещения высасывают *дымососом*, который установлен на автомобиле технической службы. Помимо дымососа автомобиль снабжен *краном* грузоподъемностью 3 т, *ранцевой установкой* для кислородной резки металла, *компрессором* для питания сжатым воздухом пневматических инструментов — бетонолома, отбойных и бурильных молотков.

Звено *газодымозащитной службы* производит аварийно-спасательные работы. В специальных кислородно-изолирующих приборах, которые защищают от дыма органы дыхания, бойцы этого звена вскрывают строительные конструкции, пробивают отверстия в стенах, перекрытиях.

Разумеется, эта сложная техника требуется для тушения больших пожаров. В жилом доме, в учреждении с огнем можно справиться и до прибытия пожарного подразделения, если уметь пользоваться *огнетушителями*. Они бывают *жидкостные, пенные, газовые* и *порошковые*.

В последнее время широко применяются *автоматические системы борьбы с огнем*, которые позволяют справиться с пожаром в его начале и без участия людей. При появлении дыма или повышении температуры автоматически включаются сигнальные системы и системы, которые подают воду, пену, газ или порошок. Вид огнегасительного вещества зависит от защищаемых предметов. Например, в архивах, библиотеках нельзя использовать воду, так как она портит бумагу, книги... В этих случаях для тушения применяют углекислоту.

А как гасят пожары на нефтяных и газовых промыслах, в нефтехранилищах? Большой урон народному хозяйству приносят лесные пожары, пожары на морских судах, на железных дорогах. В этих случаях применяется специальная пожарная техника. Например, чтобы потушить горящую нефть и нефтепродукты в резервуарах, используется *пеноподъемник* на гусеничном ходу. Такой агрегат поднимает пеногенератор на высоту до 20 м и подает пену непосредственно в резервуар. На горящих нефтяных промыслах успешно используют *турбореактивные машины*, которые «дуют» на огонь с такой силой, что способны оторвать от основания нефтяного фонтана столб пламени высотой 100 м и более.

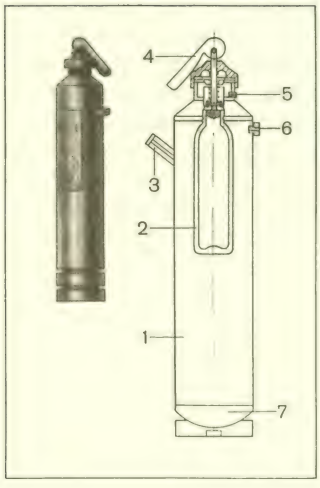
Для борьбы с огнем на железных дорогах существуют *пожарные поезда*. В их составе имеются железнодорожные цистерны и вагон-гараж для пожарной автомашины. Пожар на море, реках и прибрежной полосе тушат специальные пожарные корабли.

Лесные пожары тушат при помощи пожарных вездеходов, а также авиации (вертолеты, самолеты). Но бороться с большим лесным пожаром очень трудно. Ученые ищут новые способы борьбы с этим стихийным бедствием. В последнее время успешно проводятся опыты по искусственному вызыванию дождя. Специально оборудованный самолет неподалеку от места пожара находит мощное кучевое облако, обстреливает его пиропатронами, начиненными особыми веществами. И через 10—15 мин на огонь обрушивается ливень. В недалеком будущем предполагается расстреливать облака с земли — с помощью ракетных установок.

Слева сверху вниз:
пожарные машины готовы к выезду;
члены юношеской добровольной пожарной дружины (ЮДПД) работают с огнетушителями;
воздушно-механическая пена — новое эффективное средство при тушении пожаров. *На снимке:* пена погасила огонь на химической установке.

Справа сверху вниз:
механическая выдвижная автолестница обеспечивает доступ к любому этажу здания;
пожарный автомобиль воздушно-пенного тушения;
морское пожарное судно «Генерал Гамидов».

Схема пенного огнетушителя: *1* — корпус; *2* — кислотный стакан; *3* — боковая ручка; *4* — рукоятка; *5* — спрыск; *6* — штуцер; *7* — дно.



Транспорт большого города

Немного истории

В прошлом веке пассажиры и грузы в городах перевозились с помощью конной тяги — по конным железным дорогам *(конке)* и по мостовой — *омнибусами, линейками, легковыми* и *ломовыми извозчиками*. В Москве, например, даже в 1917 г. было несколько тысяч ломовых извозчиков. Богатые люди имели собственные *выезды* — упряжных лошадей с различными экипажами (каретами, колясками и пр.).

В конце XIX в. появились паровые *автобусы*, а после изобретения и совершенствования электродвигателя — первые *троллейбусы* (за рубежом) и *трамваи*. Широкое распространение автобус получил только в XX в., после изобретения и усовершенствования двигателя внутреннего сгорания. Тогда же началась эксплуатация усовершенствованных троллейбусов в Великобритании и США; у нас первый троллейбус появился в 1933 г., сначала только в Москве. В 1972 г. троллейбусные линии уже имелись в 111 городах СССР.

Первую линию трамвая в России построили в Киеве. Это было в 1892 г. К 1917 г. трамвай уже обслуживал население 42 больших городов нашей страны, а в 1972 г.— 110.

Первые линии советского *метрополитена* были открыты в Москве в 1935 г.— Кировско-Фрунзенский радиус, от Сокольников до Крымской площади, и Арбатский радиус — ответвление от станции «Охотный ряд» (теперь «Проспект Маркса») до Смоленской площади, всего 13 станций. С тех пор длина линий метро в Москве выросла почти в 13 раз, а число станций увеличилось с 13 до 100 (начало 1974 г.). В Ленинграде первая линия метро введена в эксплуатацию в 1955 г., а в Киеве — в 1960 г. Теперь в Ленинграде работают уже 3 линии метро общим протяжением 40,3 км с 27 станциями. В Киеве число станций метро возросло до 14. Появилось метро в Тбилиси (1966) и в Баку (1967). Строятся первые линии метро в Харькове и Ташкенте.

Пассажирский транспорт

В городах развиваются различные виды транспорта. Когда выбирают вид транспорта для определенного района города, то предварительно проводят тщательные исследования, изучают потребности в перевозках, пропускную способность улиц, учитывают, сколько пассажиров может перевезти тот или иной вид транспорта за 1 ч.

Исследования показали, например, что за 1 ч по линии могут пройти без задержек не больше 80 трамваев, 90 троллейбусов и 100 автобусов. Трамвай обладает большой провозной способностью, он же и самый дешевый. Но трамвай плохо уживается с автомобильным движением, которое постепенно вытесняет его на улицы со слабым движением, преимущественно на окраины города.

Станция метро.

Автобус быстрее трамвая, но перевозки на нем обходятся обычно дороже. Правда, у него есть и еще одно преимущество. Автобусы, не связанные ни с рельсами, ни с электросетью, можно в любой момент перебросить из одного района города в другой.

В больших городах применяются *автобусы* и *троллейбусы повышенной вместимости* — в них одновременно могут ехать до 120—150 и более пассажиров (а в обычных — около 70), включая стоящих. Троллейбусы и автобусы *сочлененного* типа — это 2 вагона с переходом в виде коридора, который ограждают гибкие шторы, напоминающие гармошку.

Особенно много пассажиров может перевезти метрополитен — до 40 тыс. человек в 1 ч в одном направлении при эксплуатации шестивагонных поездов. А если потребуется перевозить больше, то, например, на главных линиях московского метро предусмотрена возможность увеличить число вагонов в поездах до 8.

Строительство линий метрополитена требует весьма больших затрат материалов, труда, денежных средств. Поэтому метрополитены имеются лишь в крупных городах мира — с населением, как правило, не менее 1 млн. человек. В настоящее время метрополитены построены примерно в 40 городах мира, из них в 5 городах СССР. Первые линии метро появились еще в прошлом веке: в Лондоне (1863), Нью-Йорке (1868), Ливерпуле (1886), Чикаго (1892), Будапеште (1896), Глазго (1897), Париже (1900). Позднее появились линии метрополитена и в других городах Европы, Америки и Азии (в Японии).

По размерам перевозок Московский метрополитен стоит на первом месте в мире, хотя по длине сети

и числу станций он уступает старым метрополитенам Лондона, Нью-Йорка и Парижа. Ежедневно по 8 линиям метро в Москве проезжает около 5 млн. пассажиров, т. е. 35% всего количества пассажиров, перевозимых всеми видами массового городского транспорта. Почти столько же перевозят автобусы по многочисленным (более 260) маршрутам, а остальных пассажиров перевозят троллейбусы (17%) и трамваи (13%).

Во всех городах с населением больше 50 тыс. человек работает еще и *таксомоторный* транспорт. В некоторых городах организовано движение *маршрутных* такси. В Москве более 40 таких маршрутов.

Большое количество жителей городов пользуются личными легковыми автомобилями. В Москве, например, более 70% всех легковых автомобилей принадлежит автолюбителям. Кроме того, на улицах городов можно встретить мотоциклы, велосипеды и мотороллеры. Однако на улицах с интенсивным движением езда на велосипедах ограничивается.

Грузовые перевозки

Большая часть грузовых перевозок ложится на «плечи» автотранспорта. Это и обычные грузовики, и автомобили со специальными кузовами для перевозки хлеба, кондитерских изделий, медикаментов, мебели, изделий швейной промышленности. *Авторефрижераторы* перевозят в своих кузовах-холодильниках мясо, замороженные фрукты, рыбу. Живая рыба, а также молоко, квас, иногда пиво и другие жидкие продукты доставляются в *автоцистернах*.

Помимо грузовых автомобилей грузы в городах перевозят и легковые машины с кузовом типа фургон или универсал (см. ст. «Автомобиль вчера, сегодня, завтра»). Сейчас с такими кузовами в нашей стране выпускают автомобили «Волга», «Москвич» и «Жигули».

Часть грузов во многих городах перевозят в товарных вагонах по подъездным железнодорожным путям. Иногда используются также грузовые троллейбусы *(троллейкары)* и грузовые трамвайные вагоны и поезда, а если в городе есть река или канал, то и речные суда.

Организация городского движения

Чем больше город, тем интенсивнее движение на его улицах, тем выше требования к организации движения транспортных средств и людей, чтобы обеспечить безопасность пассажиров и пешеходов.

Важнейшая основа организации движения — *единые правила уличного движения,* обязательные и для водителей, и для пешеходов. Необходимо также оборудовать улицы сигнальными знаками, разметить проезжую часть краской или плитками, чтобы выделить переходные дорожки, «зоны безопасности» на перекрестках и у остановок трамваев, троллейбусов и автобусов, места стоянки автомобилей и т. д. На улицах с оживленным движением устанавливают светофоры. Чтобы сократить задержки автомобилей перед перекрестками, на важнейших магистралях применяется особая система смены светофорных сигналов — *зеленая волна.* Если машины идут с заданной скоростью, зеленый сигнал автоматического светофора появляется при приближении группы автомобилей к перекрестку, и они проезжают его без задержки.

Это очень выгодная и удобная система. Автомобилям не приходится простаивать перед каждым светофором. В Москве такую систему координированного регулирования движения применяют с 1955 г. Она введена на важнейших магистралях столицы, распространяется также в Ленинграде, Куйбышеве, Харькове, Тбилиси и других городах.

Для упрощения условий движения и повышения безопасности во многих городах применяется система *одностороннего движения:* по одной из двух близко расположенных параллельных улиц — в одну сторону, по другой — в противоположную.

Большое значение для упорядочения уличного движения и его безопасности имеют различные *планировочные мероприятия:* устройство озелененных полос вдоль тротуаров и центральных разделительных полос на магистралях с двусторонним движением; укладка трамвайных путей на обособленном полотне; устройство «островков безопасности» для пешеходов на широких улицах, в средней зоне проезжей части.

Большую пользу приносит строительство в больших городах *транспортных тоннелей* и *эстакад.* Тоннели и эстакады позволяют устранить задержки транспортных потоков, сэкономить немало бензина, который машины тратят впустую, стоя на перекрестках, и т. д. В Москве уже много таких тоннелей и эстакад — на Арбатской площади, Кутузовском проспекте, на Садовом кольце и на других магистралях.

Весьма важное значение для повышения безопасности пешеходов и облегчения условий движения транспорта имеет строительство *пешеходных тоннелей* на магистральных улицах. В Москве таких тоннелей построено уже около 120. За последние годы они появились также в Ленинграде, Киеве, Харькове, Риге, Ташкенте и других больших городах нашей страны.

Чтобы разгрузить транспортное движение на улицах городов, междугородные автомобильные дороги теперь строят в обход населенных пунктов. Для этого используется и московская кольцевая автострада.

Специальные автомобили

По улице быстро мчится большая красная машина, весь транспорт уступает ей дорогу. На ней едут пожарные: где-то возник пожар! *Пожарная автомашина* снабжена разнообразной техникой — выдвижными лестницами, насосами, огнетушителями, радиостанцией (см. ст. «Техника тушит пожары»).

Медицинская служба города тоже имеет свои специализированные транспортные средства: *автомобили скорой медицинской помощи и помощи на дому, дезинфекционные машины* и т. д.

Медицинский транспорт пользуется особым положением. Многие из вас, наверное, видели на улице мчащуюся «скорую помощь». Услышав тревожный сигнал, ей уступают путь. Все знают, что эта машина торопится оказать помощь человеку.

Среди специализированных автомашин городского транспорта есть и такие, которые обслуживают сам транспорт и дороги. Одни из них, снабженные поднимающейся вышкой, используются при ремонте электросетей трамвая и троллейбуса; с помощью других развешивают дорожные знаки, размечают проезжую часть улиц и дорог; третьи спешат к месту аварии — это передвижные мастерские; четвертые помогают асфальтировать улицы.

Специальные машины нужны и для очистки города от мусора, грязи и снега.

Большую работу выполняют ежедневно *мусоровозы,* вывозящие мусор. В Москве, например, на этой работе занято более 1300 автомобилей.

Вот работает *поливочно-моечная машина.* Ее центробежный насос с силой выбрасывает воду через сопла, и она смывает пыль и мусор к тротуару, где вода через канализационные решетки стекает вниз. Поливочно-моечная автоцистерна имеет и еще одно назначение — она поливает деревья и газоны на улицах города, в садах, парках, бульварах, разделительные зеленые полосы на улицах и автомобильных дорогах.

Зимой на поливочно-моечные машины ставят снегоочистительное устройство: плуг и вращающуюся щетку. Плуг — это широкий металлический нож, установленный перед машиной. Он счищает толстый слой снега, а расположенная под цистерной щетка сметает остатки в сторону к тротуару.

Вслед за снегоочистителями движутся *снегопогрузчики.* Мощными захватами они сгребают собранный в высокую гряду снег на специальный лоток, а оттуда транспортером отправляют его в кузова самосвалов. Теперь остается вывезти снег за город и посыпать дороги и тротуары песком (это тоже делают специальные машины).

Улицы города готовы к приему пешеходов и транспорта.

Техника помогает рубить лес, заготовлять древесину, восстанавливать леса

Ручная пила и топор да еще лошадка, запряженная в сани,— вот и вся «техника» лесоруба в недалеком прошлом. Непрерывная цепь машин и механизмов, сопровождающих дерево от пня в лесу до лесопильного, фанерного, мебельного, целлюлозно-бумажного, лесохимического комбинатов,— такова лесная техника сегодня.

Давайте проследим весь путь дерева — от леса до предприятия, куда оно поступает на обработку и переработку.

Лесозаготовители приходят в лес вооруженные *бензомоторной пилой.* Бензиновый двигатель пилы мощностью 2,2 кВт приводит в движение бесконечную цепь с крепкими зубьями, которые подпиливают дерево. Затем в пропил быстро вставляют металлический клин. Тот же двигатель пилы раздвигает боковые стороны клина и валит дерево. За дело берутся лебедки. Канаты захватывают деревья, втаскивают их на специальные *трелевочные тракторы,* которые вывозят деревья из чащи леса к лесовозным дорогам.

Но не слишком ли это долгий и сложный путь? Нельзя ли соорудить универсальную машину, способную выполнять сразу несколько рабочих операций? Конечно, можно. Советские конструкторы уже создали такие машины. Это *валочно-погрузочные комбайны* или *валочно-пакетирующие машины.* Они сейчас применяются все шире и шире.

Внешне лесной комбайн похож на мощный экскаватор. Только у экскаватора на стреле подвешен ковш, а здесь — мощный *захват,* который своими челюстями зажимает дерево на любой высоте. В нижней части комбайна — пила. Спиленное дерево не падает на землю, его цепко держит захват. Мощная «рука» комбайна переносит дерево и мягко укладывает его на автоприцеп.

Теперь надо вывезти срубленные деревья из лесу. И в первую очередь следует проложить дороги. Ста-

ринная пословица недаром говорит: не конь везет, а дорога. Поэтому прокладывают лесовозные дороги, строят мосты и насыпи, узкоколейные железные дороги, выстилают путь бревнами, кладут бетонные плиты или утрамбовывают снег и намораживают слой льда, готовя ледяные дороги. Все это люди делают, конечно, с помощью машин — автомобильных и тракторных подъемных кранов, бульдозеров, корчевателей, специальных машин, трамбующих и замораживающих снег, и т. д.

Следующий этап — первичная обработка спиленных деревьев. С них надо удалить сучья, ветки, кору, распилить. Делают это на участке, где дерево спилено, или на специальных лесных складах. На лесных складах эти операции сделать легче, удобнее и дешевле. Ведь здесь можно установить более мощные, стационарные машины, подвести электроэнергию. На участках могут работать только переносные бензомоторные *сучкорезки,* а на лесных складах — мощные *сучкорезные станки* и *автоматические пилы. Окорочные станки* «раздевают» здесь дерево — снимают с него кору. Именно снимают — металлические кулачки с силой прижимаются к бревну и сдвигают, стаскивают, сдирают шершавый покров деревьев.

В лесу обычно остается громадное количество отходов: сучья, вершины, обрезки бревен, опилки, хвоя. В нашей стране с огромным лесным хозяйством одних только сучьев набирается десятки миллионов кубических метров. Их собирали в кучи и сжигали. Это, конечно, очень невыгодно и неразумно. Пропадало ценнейшее сырье, необходимое лесохимическим и гидролизным заводам, целлюлозно-бумажным комбинатам, предприятиям строительной индустрии и т. д. Теперь на тех складах, куда деревья привозят целиком, с кроной, такие отходы уже в значительной мере собирают.

Отсюда их отправляют на различные предприятия, где из них делают витаминную хвойную муку и лечебные хвойные пасты, древесный спирт, кормовые дрожжи, глюкозу, древесностружечные плиты для строительства, картон, бумагу, целлюлозу и многое другое. А некоторые лесные склады сами частично перерабатывают отходы. Для этого здесь устанавливают *прессы,* из которых выходят плотные строительные плиты, мельницы для размола сухой хвои, всевозможные *дробилки* и *сушилки* для щепы, стружки и коры.

Кроме того, лес может стать новым и обильным источником корма для сельскохозяйственных животных. Листья с молодых веток березы по питательности не уступают хорошему сену. Тополиные листья можно приравнять к самым лучшим кормовым травам. Наконец, «иголки» хвойных деревьев — это кладезь витаминов и микроэлементов. Листья и «иголки» можно перерабатывать в зеленый корм на специальных передвижных фабриках. Там зеленую массу измельчают, подсушивают и превращают таким образом в питательные хлопья или в витаминную муку.

Лес — великое богатство. Расходовать это богатство надо разумно и бережливо. Каждая веточка, кусок коры или хвойная «иголка» должны пойти в дело.

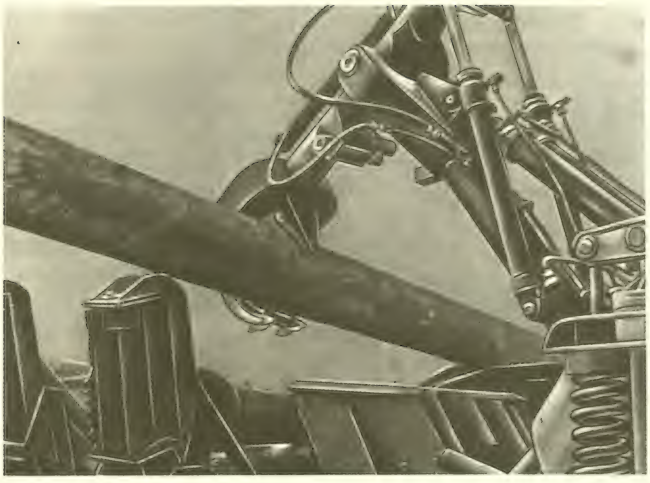
Однако потери древесины при заготовке леса еще велики. Ученым, инженерам, конструкторам предстоит очень многое сделать в этой области: создать новые машины, более рационально организовать весь производственный процесс. Необходимо применять способы быстрой и без потерь перевозки бревен, транспортировки стружки и щепок. Необходимы принципиально новые аппараты для склейки, сушки, пропитки древесины. Сейчас разрабатываются химические вещества, придающие дереву особую стойкость к влаге, огнестойкость, твердость или гибкость.

Но вернемся к рассказу о странствиях срубленного дерева. Итак, его спилили, очистили и вывезли из лесу. Что же с ним происходит дальше?

Дальнейший путь лесного богатства проходит главным образом по рекам и озерам. В трюмах речных и озерных судов перевозят древесину только наиболее ценных пород, а также готовые шпалы и доски. Большую часть древесины сплавляют по рекам в плотах — до 500 м длиной. Такой плот — это многие тысячи кубических метров древесины. Трудно вручную «построить» эту плавучую громадину, связать бревна проволокой в пучки, а затем соединить отдельные пучки металлическими канатами. Сейчас эта работа все больше поручается машинам. Очень хорошо, например, выполняет ее *плавучий сортировочно-сплоточный агрегат.* Это замечательное устройство работает автоматически, фотоэлементы измеряют длину бревен — они могут быть от 4 до 6,5 м и более. Нажатием кнопки рабочий отправляет бревно к одному из транспортеров агрегата. Как только в конце транспортера накопится достаточно бревен, включаются лебедки и механизмы, которые сжимают пучок бревен, обвязывают его проволокой, обрубают проволоку и выталкивают пучок к месту сборки плота.

Наконец лес плывет по реке. Но машины продолжают помогать человеку и здесь. *Буксиры* тянут плот. *Плавучие землесосы* углубляют дно, срезают отмели, копают небольшие каналы, спрямляют русла рек и подготавливают плотам прямую дорогу.

Мощные захваты для обрезки сучьев.



Внизу: работает машина-грузчик.

Валочно-трелевочная машина грузит на себя деревья.

Внизу: полуавтоматическая линия. Мощные пилы разделывают бревна по заданной программе.

Плавучие подъемные краны, вооруженные клыками-захватами, подымают затонувшие бревна, освобождая мелкие места и конечные пункты сплава от «топляков» — лежащих на дне бревен. *Гидравлические ускорители* — трехлопастные винты, вращаемые электродвигателями,— создают искусственное ускоренное течение, подгоняя бревна туда, где их сортируют, соединяют в плоты или выгружают.

Существует еще сплав леса *молем,* когда бревна сплавляют по реке «россыпью», ничем между собой не скрепленными. При таком способе транспортировки (от него надо поскорее отказаться) потери древесины велики.

А на берегу, к машинам фабрик и комбинатов, которые будут перерабатывать древесину, лес понесут плавучие и наземные подъемные краны и *бревнотаски* — длинные тросы со скребками-захватами.

И вот дерево превращается в пиломатериалы. Цифры докладывают: ежегодно миллионы кубических метров отличной древесины превращаются в прах и дым. Разумеется, опилки не только сжигают. Мебельщики применяют прессованные опилки в виде плит для крышек шкафов, столов, диванов. Опилки смешивают с бетоном и полимерами, получая строительные материалы и детали. Из них делают глюкозу, спирт, кормовые дрожжи.

И все же пусть их будет поменьше. Но можно ли пилить без опилок? Ответ напрашивается сам собой — надо пилить пилой без зубьев. Тем более что «беззубая пила» хорошо освоена человечеством — это обыкновенный нож или ножницы. Инженеры создали *ножницы для древесины* — стальные заостренные клинья, сжимаемые с помощью специальных гидроцилиндров. Это делается так: тракторный дви-

гатель приводит в действие насос, который качает жидкость в гидроцилиндр, жидкость давит в цилиндре на поршень, поршень ползет вперед, и клин перерезает дерево. «Тракторные ножницы» уже работают, но они громоздки, и соревнование с ними пока, безусловно, выигрывает легкая и проворная пила.

Пытаются резать древесину и ножами. Но не простыми, а вибрирующими. *Электрические вибраторы* делают 10 тыс. колебаний в минуту и заставляют дрожать мелкой дрожью нож. Вибрирующий нож передней кромкой лезвия режет брусок, и одновременно боковые стороны ножа уплотняют древесину. Место разреза получается чистым, гладким, опилок нет. Такой нож хорошо режет дощечки толщиной до 2 см, но перед бревнами и досками он бессилен.

В роли пилы способна выступить и струя воды. Сжатая в компрессоре давлением в несколько сотен мегапаскалей, она вылетает из крохотного отверстия «водяной пушки» с такой силой, что ее тончайшая серебристая струйка легко, словно бритва бумагу, перерезает ствол дерева. Проводят опыты по резанию древесины лучом лазера.

Пока все эти способы исследуются лишь на опытных установках. Но ученые и конструкторы продолжают работать, ищут новые методы и пути. И скоро получат путевку в жизнь новые, более экономичные лесопильные машины и механизмы.

Для того чтобы экономнее и лучше использовать древесину, ее *облагораживают, видоизменяют:* пропитывают под давлением синтетическими смолами, металлическими сплавами или особыми химическими составами. Так получают древопластик, металлодревопластик, пластифицированную древесину. Дерево приобретает новые, совсем не присущие ему свойства. Пропитанное химическими составами, оно не гниет, не разбухает в воде, обретает невиданную гибкость. Пропитанное дешевым металлическим сплавом, становится очень прочным, особо твердым и начинает хорошо проводить тепло. Из такой «металлической древесины» можно делать детали машин. Применение улучшенной, облагороженной древесины помогает экономить и древесину и металл.

Вот деревья и закончили свое механизированное путешествие. Дальше путь их лежит на заводы и фабрики, где умелые руки людей, вооруженных замечательной техникой, превратят древесину в целлюлозу, древесную массу, бумагу, картон и искусственное волокно, древесностружечные и древесноволокнистые плиты, в мебель, паркет и двери для новых домов и во многое, многое другое. Успешно развивается лесохимическая промышленность, выпускающая тысячи разных продуктов — от канифоли, скипидара и уксусной кислоты до пластмасс и красителей.

А на те участки, где лесорубы срубили ели и сосны, пихты и кедры, березы и лиственницы, приходят специалисты-лесоводы. Они высаживают здесь молодые деревца и охраняют их. Это необходимо не только для того, чтобы источник древесины не иссякал. Ведь лес — это и хороший климат, и чистый воздух, и полноводные реки, и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, и драгоценная пушнина, и различная дичь, грибы, ягоды и многое другое, полезное для человека.

Восстанавливать лес, сажать его на больших территориях невозможно без машин. Во-первых, нужны семена. Специальные машины, вооруженные вибраторами, помогают собирать кедровые или еловые шишки. Шарнирной металлической рукой они захватывают ствол дерева и трясут его. За один день машина стряхивает шишки с 200 деревьев.

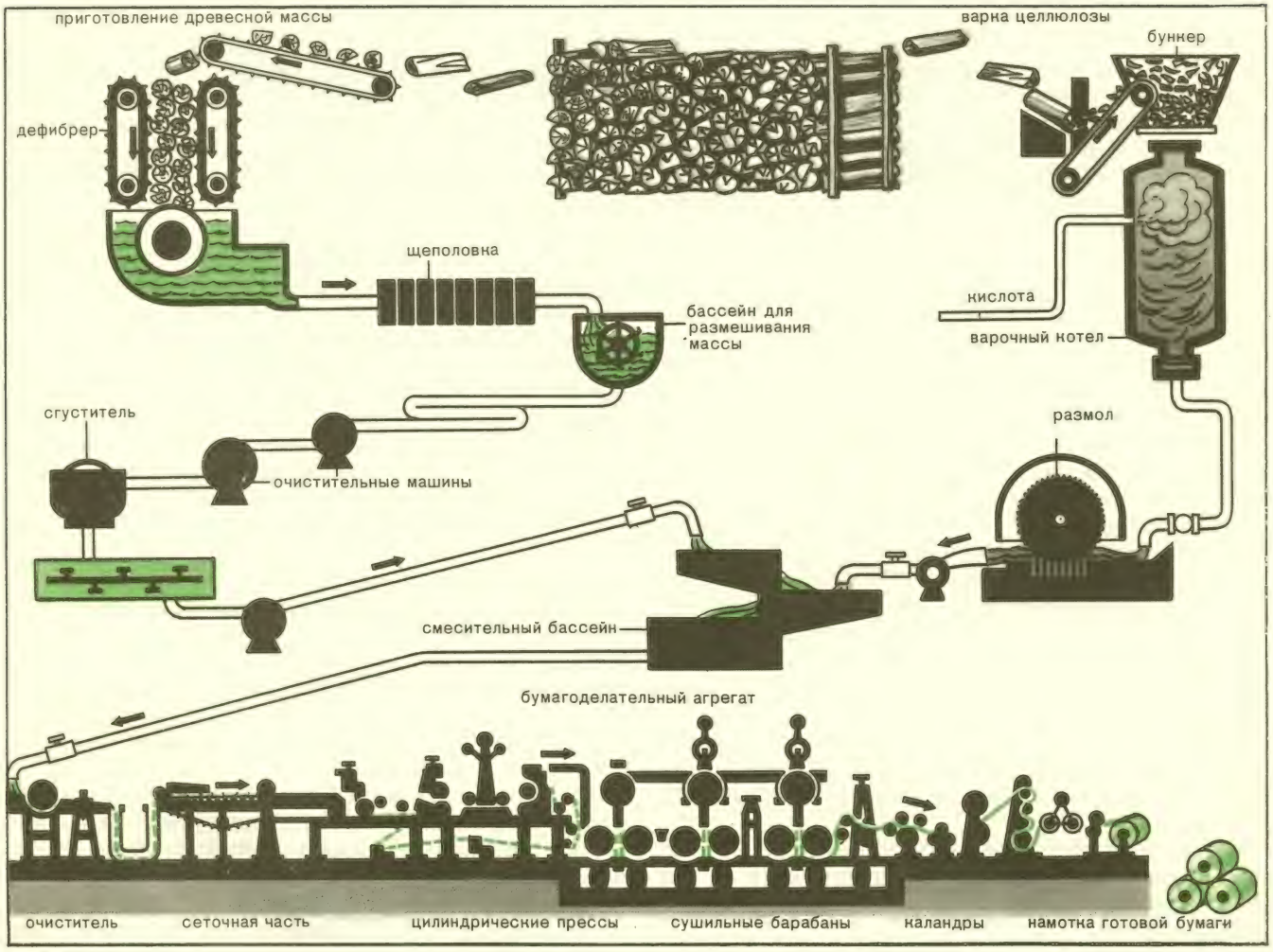
Лесная бороздная сажалка за один час может нарезать почву и высадить саженцы полосой, протянувшейся на 2 км. *Канавокопатели* помогают осушать топи, преобразуя их в земли, удобные для посадки леса. *Корчевательные машины* мощными клыками вырывают из земли пни и кусты, тоже подготавливая новые земли для лесопосадок. Машины тушат лесные пожары, опрыскивают и опыляют деревья, защищая их от насекомых-вредителей.

Как делают бумагу

Первобытные племена рисовали и писали прямо на скалах. В древнем Вавилоне использовали для письма глиняные дощечки. Египтяне сумели изготовить первый тонкий материал для письма — *папирус* из прессованной сердцевины болотного растения с тем же названием. В Европе с древности и до эпохи средневековья писали на *пергаменте* — особо обработанной тонкой телячьей коже. А в Древней Руси применяли для обычных писем бересту — верхнюю часть березовой коры.

Впервые люди узнали бумагу во II в. в Китае. Ее изготовил из растительных волокон Цай Лунь. Спо-

Схема изготовления бумаги.



соб получения бумаги удавалось долго держать в секрете, и только в VI—VIII вв. бумага появилась в Азии, а в X в.— в Европе.

В Европе делали бумагу из размолотых старых тряпок. После изобретения книгопечатания в XV—XVI вв. тряпичного сырья стало не хватать. Бумагу стали изготовлять из древесины. Из тряпок и обрезков текстиля теперь продолжают делать лишь высшие сорта бумаги для печатания денег и важных документов.

Проследим же шаг за шагом, что происходит со стволом спиленной в лесу ели, пока он не превратится в тонкий лист белой бумаги.

От бревна до волокон

Буксирный катер подтащил к причалу целлюлозно-бумажного комбината только что пришедший плот. Чтобы не загружать железные дороги доставкой большого количества леса, а главное — потому, что для производства бумаги нужно очень много воды, эти комбинаты обычно строят на берегах больших рек. Пусть вода сама несет к комбинату сырье.

Рабочие быстро распускают связки и баграми подают бревна на цепи *лесотаски-подъемника,* выносящего бревна на берег. Отсюда начинается путь древесины от машины к машине.

Сильные *окорочные машины* снимают со стволов кору. Круглые пилы мгновенно режут очищенные бревна на гладкие, ровные чурбаки одинаковой длины — *балансы.*

Часть балансов конвейер несет на древесномассный завод. Здесь они попадают в *дефибрер.* Это высокая металлическая коробка, ростом с двухэтажный дом, в нижней части которой вращается огромный цилиндрический камень. Его шершавая поверхность,

смоченная водой, сдирает с баланса слой за слоем древесину, превращая ее в рыхлую волокнистую массу. Из-под дефибрера быстрая струя воды уносит измельченную древесину в *щеполовку*, где древесная масса очищается от оставшихся в ней щепок.

Но чтобы бумага была однородной и чистой, древесную массу еще раз пропускают через сита *очистительных машин*. Затем в *сгустителе* из нее удаляют лишнюю воду и массу направляют в *смесительный бассейн*.

В это же время вторую часть балансов конвейер приносит на *целлюлозный завод*. Там механические ножи рубят их в мелкую щепу, которую транспортер ссыпает в большие бункеры *варочных котлов*. В этих котлах щепу варят с кислотой под большим давлением. Кислота растворяет те составные части древесины, которые не нужны для приготовления бумаги, и они отходят. В котлах остается чистая древесная клетчатка — целлюлоза в виде мелких волоконец.

Далее в специальных *мельницах* целлюлозу размалывают в еще более тонкие волоконца и по трубопроводам направляют в тот же смесительный бассейн, куда попадает измельченная и очищенная древесная масса. К смеси целлюлозы и древесной массы добавляют канифольный клей, чтобы на будущей бумаге чернила не расплывались. Добавляют также особый сорт белой глины — каолин; это делает бумагу более плотной и непрозрачной. А если бумага должна быть цветной, в смесь вносят нужные красители.

Материал для изготовления бумаги готов. Остается лишь сделать из волокнистой массы бумагу. А это тоже не просто.

Машина-гигант

Попробуйте представить себе такую длинную машину, чтобы с одного ее конца на другой надо было звонить по телефону. Автоматическая *бумагоделательная машина* как раз такова. Ее длина — 100 м с лишним, ширина — 15—18 м, высотой она почти с трехэтажный дом. Проходя через нее, сырая и рыхлая бумажная масса должна за 1 мин превратиться в плотную белоснежную бумагу!

Работает эта огромная машина с необыкновенной быстротой. Сама она стоит на месте, но ее механизмы движутся с удивительной скоростью — 600—800 м в минуту. И каждую минуту с ее валов сбегает почти километр широкой бумажной ленты!

Управляют этой большой и сильной машиной всего 5 человек. Но зато ей требуется очень много электрической энергии — почти столько, сколько нужно небольшому городу. А потребляемой ею воды вполне хватило бы населению этого города.

От массы до листа

Прежде чем попасть в бумагоделательную машину, бумажная масса еще раз проходит тщательную очистку. Особые устройства вылавливают проскочившие в нее песчинки, неразмолотые волокна и другие примеси.

После этого бумажная масса ровной широкой струей напускается на движущуюся со скоростью поезда *сетку*. По бокам этой сетки устроены борта, которые не дают массе переливаться через край. Содержащаяся в бумажной массе вода стекает через мельчайшие отверстия сетки, а волокна, переплетаясь между собой, образуют полотно бумаги.

Чтобы еще лучше удалить из этого рыхлого полотна влагу, под сеткой установлены отсасывающие ящики. Но даже после этого в бумажной массе остается еще много воды. Вот почему три четверти огромной машины — это различные сложные устройства, которые помогают удалить эту воду.

Влажное бумажное полотно в виде широкой пухлой ленты сбегает с сетки и постепенно проходит через все эти устройства.

Сперва воду отжимают различные *цилиндрические прессы* в виде вращающихся тяжелых валов. Количество воды в бумажном полотне уменьшается. Затем полотно попадает в *сушильную часть* машины, где большие нагретые барабаны проглаживают его, как огромные утюги. После них бумага содержит уже только 6—8% влаги.

Но это широкое белое бумажное полотно пока еще готово не совсем. В конце машины установлены нагретые *каландры* — тяжелые полированные валы, лежащие друг на друге. Подсохшее бумажное полотно стало уже достаточно прочным, и теперь его можно сдавливать между валами с большой силой. Из-под них бумажное полотно выходит ровным, плотным и гладким. В самом конце машины оно сматывается в огромные рулоны. Бумага готова.

Остается разрезать эти рулоны на менее широкие или на листы нужных размеров, чтобы делать из них тетради или печатать газеты и книги.

Выдающиеся деятели техники

Иван Иванович Ползунов

Русский механик гидро- и теплотехник Иван Иванович Ползунов (1729—1766) был одним из изобретателей универсального парового двигателя.

Ползунов родился в Екатеринбурге (теперь г. Свердловск) в семье солдата. Начальное образование и основы специальных инженерных знаний получил в Екатеринбургской горнозаводской школе — первом учебном заведении России, готовившем младший и средний технический персонал (мастеров и техников) для предприятий рудодобывающей и металлургической промышленности.

С 1742 г. Ползунов работал на уральских металлургических заводах, с 1748 г.— на рудниках и заводах Алтайского края. В 50-х годах составил проект реконструкции Барнаульского медe- и сереброплавильного завода. В эти же годы он участвовал в проектировании и постройке рудообогатительной фабрики и вододействующего лесопильного завода на Змеиногорском серебряном руднике. В процессе этой работы по его проекту впервые в отечественной гидростроительной практике была осуществлена подача воды от водохранилища к гидросиловым установкам (водяным колесам) по открытому деривационному каналу.

В 1763—1764 гг., пытаясь устранить недостатки водяного привода, он предложил проекты двухцилиндровых универсальных паровых двигателей, предназначавшихся для непрерывной передачи механической работы различным рабочим машинам. Тогда же по одному из этих проектов на Барнаульском заводе начали постройку двигателя мощностью 32 л. с. (23,5 кВт).

Эта работа крайне осложнялась тем, что завод еще не располагал необходимым технологическим оборудованием. Ползунову приходилось самому изыскивать способы формовки и отливки крупных машинных деталей, проектировать и вводить в действие плавильные печи и металлообрабатывающие станки, изготовлять различные инструменты, обучать рабочих и пр. К концу 1765 г. изготовленный двигатель прошел предварительное испытание, и начались доводочные работы. Но чрезмерное физическое и нервное напряжение подорвало здоровье изобретателя, и в апреле 1766 г. он был вынужден отказаться от руководства работами. Повторные испытания и передачу двигателя в эксплуатацию осуществили уже после смерти Ползунова его помощники и ученики.

Иван Петрович Кулибин

Выдающийся русский механик-изобретатель Иван Петрович Кулибин (1735—1818) родился в семье мелкого торговца в Нижнем Новгороде (теперь г. Горький). Еще в юношеском возрасте он хорошо усвоил навыки слесарного, токарного и инструментального мастерства и в совершенстве овладел теорией и практикой часового дела. Необходимые знания для этого он приобретал из книг по физике и технике, печатавшихся тогда в России.

В 1764—1767 гг. Кулибин изготовил уникальные карманные часы. В их металлическом яйцеобразном корпусе помимо собственно часового механизма помещались еще и механизм часового боя, музыкальный аппарат, воспроизводивший несколько мелодий, и сложный механизм крошечного театра-автомата с подвижными фигурками (часы Кулибина хранятся теперь в фондах Государственного Эрмитажа в Ленинграде). Тогда же Кулибин изготовил микроскоп, электростатическую машину и телескоп с металлическими зеркалами. При посещении Нижнего Новгорода императрица Екатерина II, осмотрев часы и приборы талантливого изобретателя, вызвала его в Петербург и назначила заведующим мастерскими Петербургской академии наук.

С 1769 г.— и на протяжении более 30 лет — деятельность Кулибина была тесно связана с деятельностью академических мастерских. По его проектам было построено все станочное оборудование мастерских. Под его же руководством изготовлялись различные астрономические, физические, геодезические и навигационные приборы и инструменты. Им же были составлены рецепты стекольной шихты и проведены опыты по изготовлению высококачественного оптического стекла.

Но круг интересов изобретателя не ограничивался только выполнением служебных обязанностей. К 1772 г. он разработал несколько проектов 300-метрового одноарочного моста через Неву с деревянными решетчатыми фермами, построил и испытал большую модель такого моста, впервые в практике мостостроения показав возможность моделирования мостовых конструкций. В последующие годы Кулибин изобрел и изготовил много оригинальных механизмов, машин и аппаратов. Так, в 1779 г. он сконструировал и изготовил фонарь-прожектор с параболическим отражателем из мельчайших зеркал. В 1782 г. построил и испытал речное «машинное» судно с вододействующим двигателем, передвигавшееся против течения. В 1791 г. он разработал конструкцию протезов (шарнирных «механических ног») и тогда же построил опытный образец механического экипажа с педальным приводом. В 1793 г. Кулибин спроектировал лифт с винтовым механизмом подъема, а годом позднее предложил конструкцию аппаратов оптического (семафорного) телеграфа и составил простой код для передачи телеграмм. В 1800 г. он ввел в эксплуатацию им же сконструированные устройства для безопасного спуска судна со стапелей петербургского Адмиралтейства. Вот далеко не полный перечень изобретений талантливого механика.

В 1801 г., выйдя в отставку, Кулибин переехал в свой родной город — Нижний Новгород. Там он продолжил проектирование «машинных» судов и разработал несколько проектов больших металлических мостов. В 1817 г., уже тяжелобольной, Кулибин снова вернулся к работе над проектами механических экипажей. В его рабочих тетрадях сохранились записи, свидетельствующие о том, что изобретатель думал и над применением паровых машин в различных отраслях промышленности и транспорта (для установки на самодвижущихся судах, для привода металлорежущих станков, насосных установок и пр.).

Как видите, интересы И. П. Кулибина были необычайно широки. Трудно назвать область техники, где бы не остался след его творческой мысли.

Джеймс Уатт

На памятнике Джеймсу Уатту (1736—1819) написано: «Увеличил власть человека над природой». Так оценили современники деятельность знаменитого английского изобретателя.

Уатт родился в Шотландии, недалеко от крупного промышленного города Глазго. Отец его был механи-

ком. Мальчик с детства присматривался к его работе и сам с увлечением мастерил модели машин. А став взрослым, Уатт открыл свою мастерскую при местном университете. Он принимал заказы на изготовление и починку всевозможных точных приборов и музыкальных инструментов.

В 1763 г. Уатту пришлось заняться усовершенствованием пароатмосферной машины Ньюкомена. Принцип ее работы был такой. Пар поднимал поршень в цилиндре до самого верха. Затем в цилиндр под поршень впрыскивали воду. Большая часть пара, охладившись, конденсировалась. Под поршнем образовывался вакуум, и атмосферное давление гнало поршень вниз. Машина действовала медленно, неравномерно, была громоздкой, потребляла массу топлива. Усовершенствовать машину пытались многие изобретатели, но неудачно.

Настойчивость и упорство «мастера математических инструментов» — так называлась должность Уатта — привели к желанной цели. У него явилась мысль разделить цилиндр на 2 части: горячую, куда будет впускаться пар и где будет совершаться рабочий ход, и холодную, конденсирующую пар. Кроме того, Уатт сделал еще несколько усовершенствований, окончательно превративших пароатмосферную машину в паровую. В 1768 г. он подал прошение о патенте на свое изобретение.

Патент он получил, но построить паровую машину ему долго не удавалось. Только в 1774 г. паровая машина Уатта была наконец построена и успешно прошла испытание. Она оказалась вдвое эффективнее машины Ньюкомена.

А в 1784 г. Уатт получил патент на новую замечательную машину — первую универсальную паровую машину двойного действия. В ней пар поступал в цилиндр попеременно, то с одной стороны поршня, то с другой. Поэтому поршень совершал и рабочий и обратный ход с помощью пара, чего не было в прежних машинах.

Двигатель Уатта годился для любой машины. К. Маркс писал: «Великий гений Уатта обнаруживается в том, что патент, взятый им в апреле 1784 г., давая описание паровой машины, изображает ее не как изобретение лишь для особых целей, но как универсальный двигатель крупной промышленности».

Уатт предложил также 5 способов превращения возвратно-поступательного движения во вращательное. Один из них — заменить кривошипно-шатунный механизм зубчатой передачей — был очень важным изобретением.

Уатту принадлежат и такие важные изобретения, как первый в мире паровой молот и паровое отопление. Сконструировал он и несколько счетных машин, копировальных прессов.

Джордж Стефенсон

Джордж Стефенсон (1781—1848) родился в семье шахтера в горняцком поселке недалеко от Ньюкасла. Он работал и пастухом, и погонщиком лошадей при подъемном вороте, и кочегаром, и машинистом при паровом двигателе, а затем механиком при большой подъемной паровой машине на шахте.

До 18 лет юноша оставался неграмотным. Потом он стал посещать вечернюю начальную школу. Однако основные знания по арифметике, механике и другим техническим наукам Стефенсон приобрел самостоятельно. Он настолько пополнил свои знания, что стал решать технические задачи, доступные лишь специалисту-инженеру. Управляющие копями обратили на него внимание, и он вскоре стал механиком копей.

В 1813 г. Джордж Стефенсон, которому в то время было 32 года, занялся устройством «самодвижущейся паровой машины» — паровоза. Он решил, используя опыт предыдущих конструкторов паровозов, создать более совершенную машину.

В 1814 г., после десятимесячной работы, Стефенсон закончил первый паровоз. По устройству котла и расположению цилиндров в системе передачи он напоминал некоторые из предшествующих типов паровозов, но был недостаточно мощным. На первом испытании паровоз передвигал состав весом 30,5 т,

развивая скорость до 6 км/ч. В 1816 г. изобретатель создал трехосный паровоз «Киллингуорт», который мог вести состав весом 50 т со скоростью 10 км/ч. Преимущество паровозов перед конной тягой уже становилось явным. А в 1830 г. была открыта дорога Манчестер — Ливерпуль протяженностью 48 км. Это была решительная победа пара на сухопутном транспорте.

Сын Стефенсона, Роберт (1803—1859), помог отцу организовать постройку паровозов нового типа. На испытаниях паровозов победил стефенсоновский паровоз «Ракета». Его важнейшей особенностью было применение парового котла с 25 дымогарными трубами, что дало возможность улучшить парообразование в котле.

Отец и сын Стефенсоны стали всемирно признанными авторитетами по железнодорожному строительству. Они участвовали в постройке многих важных дорог в Англии и за границей. Стефенсоновские паровозы экспортировались в Бельгию, Францию, Германию, США.

Павел Петрович Аносов

Великий русский металлург П. П. Аносов (1797—1851) много сделал для разведки земных недр Урала, для организации новых рудников и заводов, создания новых процессов получения и обработки металлов. Он предложил новые принципы производства высококачественных сталей и методы исследования их внутреннего строения.

Аносову было всего 13 лет, когда его зачислили в Петербургский горный кадетский корпус. Это была старейшая школа русских рудознатцев, горняков и металлургов, позже преобразованная в Горный институт.

После окончания в 1817 г. Горного корпуса Аносов работал на Южном Урале, на одном из старейших в России Златоустовском заводе.

Замечательному металлургу принадлежат многие важные открытия и изобретения. Остановимся лишь на некоторых из них. До Аносова при получении стали куски «мягкого железа» (практически это был сплав железа с небольшим содержанием углерода) предварительно цементировали, т. е. их поверхностные слои насыщали углеродом. Лишь после этого науглероженный металл расплавляли в огнеупорных горшках — тиглях. Такой двойной процесс получения стали был длительным и дорогим.

Аносов объединил процессы цементации и плавления металла. При этом он доказал, что для науглероживания железа совсем не обязательно его непосредственное соприкосновение с углем. Печные газы, содержащие большое количество углерода, могут хорошо науглеродить поверхность железного изделия. Так более 130 лет назад в нашей стране была открыта газовая цементация металла, нашедшая сейчас широкое применение на металлургических и машиностроительных заводах.

Много столетий назад в Индии, Сирии и других восточных странах процветало искусство изготовления из стали мечей и кинжалов особой твердости, с тонким узором. С течением времени рецепты приготовления булатной стали были забыты. Аносову первому удалось открыть тайну булатов. Добиваясь, как он сам говорил, «достижения совершенства в стали», ученый осуществил тысячи экспериментов, исследуя влияние на сталь кремния, марганца, хрома, углерода и десятков других химических элементов.

Его опыты увенчались успехом. Аносов получил сталь, не уступающую по качеству прославленной дамасской. Это был замечательный металл, сочетающий высокую твердость, невиданную ранее упругость и вместе с тем вязкость внутренних слоев, предохраняющую изделие от поломок. Россия стала второй родиной булатной стали.

Открытие русского ученого не было похоже на рецепты средневековых мастеров, передававшиеся из поколения в поколение. Он научно обосновал влияние химического состава, структуры металла и характера его обработки на механические свойства. Его выводы легли в основу учения о качественных сталях.

Павел Николаевич Яблочков

Двенадцати лет Павел Яблочков сконструировал землемерный прибор. Им охотно пользовались крестьяне деревень Саратовской губернии. Это было первое изобретение русского изобретателя Павла Николаевича Яблочкова (1847—1894).

В Петербургском военном училище, куда его отдал отец, Яблочков увлекся физикой, и особенно новой тогда областью — электричеством. После окончания училища ему пришлось служить саперным офицером в Киевской крепости. Затем его послали учиться в офицерские гальванические классы. А после выпуска Яблочков при первой возможности ушел в отставку.

В этот период Яблочков заинтересовался электричеством как источником света и в связи с этим электрической дугой. Он оборудовал мастерскую, где мог ставить опыты и строить нужные ему приборы.

Явление дуги, т. е. электрического разряда, возникающего между двумя сближенными угольными стержнями — электродами, было открыто в 1802 г. профессором Петербургской медико-хирургической академии В. Петровым. Однако расположенные друг против друга угольки быстро сгорали, расстояние между ними увеличивалось, и дуга угасала.

Яблочков тщательно испытывал все известные системы регуляторов. Решал он еще одну серьезную задачу — «дробление света», добиваясь, чтобы в одну цепь можно было включить несколько ламп. Он работал очень увлеченно и даже оставил службу, отнимавшую много времени. (Он был начальником телеграфа Московско-Курской железной дороги.) Для опытов нужны были деньги, и вместе со своим другом он открыл механическую мастерскую и магазин физических приборов. Однако у молодого изобретателя не было коммерческих способностей, и дела шли плохо. Он запутался в долгах. Кроме того, им, как политически неблагонадежным, заинтересовалась полиция. Нужно было скрыться, чтобы избежать ареста — и Яблочков уехал в Париж.

Парижская жизнь изобретателя мало отличалась от московской: работа в мастерской и опыты, опыты без конца. Ему удалось найти решение: угли-электроды для дуговой лампы он расположил параллельно. Они всюду назывались «свечи Яблочкова». Разрешил Яблочков и трудную задачу «дробления света», применив систему индукционных катушек.

В 1876 г. свечи Яблочкова осветили улицы и площади Парижа, Лондона, Берлина. Все свои деньги, полученные за изобретение, Яблочков отдал французской фирме, чтобы выкупить право производить свечи у себя на родине...

Павел Николаевич вернулся в Россию. Столица встретила его восторженно. В 1879 г. многие улицы

Петербурга были освещены свечами Яблочкова. Однако другие изобретатели стали видоизменять свечу, появились новые лампы, соперничавшие с лампой Яблочкова.

Павел Николаевич опять вынужден был уехать в Париж. Там он занялся вопросом получения электричества непосредственно из химической энергии угля.

Однажды во время опытов в квартире Яблочкова произошел сильный взрыв. Он губительно повлиял на здоровье Павла Николаевича. Тяжелобольной, Яблочков приехал в Россию и поселился в Саратове. Там он и умер.

Заслуги выдающегося русского изобретателя в развитии науки высоко оценены в нашей стране.

Александр Николаевич Лодыгин

Еще учась в Московском юнкерском училище, Александр Николаевич Лодыгин (1847—1923) начал изобретать летательную машину и отдавал этому делу все свободные часы. Летательная машина Лодыгина была вертолетом. Разработал Лодыгин и проект другой машины — с машущими крыльями. Но ни та, ни другая не были построены.

Проектируя свои летательные машины, Александр Николаевич задумался над их освещением во время ночных полетов. У дуговых ламп были в то время сложные и несовершенные регуляторы, и каждой

лампе для питания нужна была особая динамо-машина. Кроме того, свет ламп был очень силен, а от их жара мог загореться будущий «электролет». Лампа накаливания представлялась Лодыгину более подходящей.

Первая лампа Лодыгина представляла собой герметически закупоренный стеклянный цилиндр. Сквозь его крышки были пропущены металлические проводники. К одному проводнику ток шел от гальванической батареи или от динамо-машины. Пройдя через угольный стержень, ток через другой проводник выходил из лампы и возвращался к источнику. Горела лампа Лодыгина всего 30—40 мин. Потом угли сгорали. Тогда Александр Николаевич выкачал воздух из цилиндра. Пустотная лампа горела уже несколько часов.

В 1873 г. Лодыгин осветил своими лампами одну из улиц Петербурга. Успех был большой, но средств для дальнейших опытов не прибавилось. А между тем американский изобретатель Эдисон (см. ст. «Томас Алва Эдисон») начал разрабатывать свою лампу накаливания, что ему блестяще удалось.

Итак, лампа Лодыгина нашла применение за границей. В Америке заинтересовались его изобретением. Вскоре туда переехал изобретатель. В 1890-х годах Лодыгин предложил применять в лампе накаливания вольфрамовую нить. Электрическая лампа с вольфрамовой нитью известна теперь всему миру.

В эти годы изобретатель служил в фирме «Вестингауз» в Нью-Йорке, конструировал электропечи. Работа была интересной, но Лодыгин тосковал по родине. В 1905 г. он вернулся в Россию, но здесь по-прежнему почти все электротехнические предприятия принадлежали немецким фирмам, а работу Лодыгину предложило только Управление петербургским трамваем, которому нужен был заведующий подстанциями. Лодыгин снова уехал в США.

Александр Николаевич радостно встретил известие об Октябрьской революции. Но изобретатель был уже слишком стар, чтобы вернуться на родину. Когда в 1923 г. Русское техническое общество, отмечая пятидесятилетие опытов Лодыгина, избрало его своим почетным членом, приветственное письмо уже не застало изобретателя в живых.

Николай Егорович Жуковский

Окончив в 21 год физико-математический факультет Московского университета, Николай Егорович Жуковский (1847—1921) начал изучать законы движения жидкостей. Эта работа принесла ему ученую степень магистра.

Молодой ученый поехал за границу. Он посещал лекции в университетах Берлина и Парижа, знакомился с инженерами и изобретателями. Особый интерес у него вызвали встречи с авиационными исследователями, наблюдения за полетами их моделей. С этого времени мечта о покорении воздушной стихии не покидала Жуковского, ставшего, по словам В. И. Ленина, «отцом русской авиации».

Один за другим следовали научные доклады Жуковского: «К теории летания», «О летательных приборах», «О парении птиц». В последней работе, кстати, он доказал возможность «мертвой петли» на аэроплане, впервые осуществленной почти четверть века спустя русским летчиком П. Н. Нестеровым.

С 1904 по 1906 г. Жуковский работал в Кучино, под Москвой, где был создан первый в мире институт для аэродинамических исследований. Здесь он нашел источник подъемной силы, поддерживающей самолет в воздухе, дал формулу для расчета этой силы. И сейчас во всем мире в учебниках по аэродинамике излагается теория Жуковского о подъемной силе.

В 1910 г. Жуковский создал аэродинамическую лабораторию в Московском высшем техническом училище. В ней начинали свою работу члены научного студенческого воздухоплавательного кружка. Этот кружок стал школой русской аэродинамики.

С помощью членов кружка Жуковский создал замечательные работы. Особенно важной была теория и метод расчета воздушных винтов. Этот труд не утратил своего значения и сегодня. Он послужил

также основой построения теории вентиляторов и компрессоров.

Вместе со своим учеником, впоследствии академиком, С. А. Чаплыгиным Жуковский разработал теорию крыла самолета. Построенные на основании этой теории крылья во всех странах мира называются крыльями Жуковского. С другим своим учеником, знаменитым авиаконструктором А. Н. Туполевым, он разработал аэродинамический расчет самолета.

Жуковский был не только аэродинамиком. Он также занимался вопросами математики, теоретической, прикладной, строительной механики, астрономии, баллистики, гидродинамики и т. д.

Великую Октябрьскую социалистическую революцию Жуковский встретил семидесятилетним стариком. Николай Егорович понял, что именно теперь его идеи претворятся в жизнь. Он предложил проект создания Института аэродинамики и гидродинамики и возглавил этот институт — ныне Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ) его имени. По идее и при участии Жуковского была создана Академия Воздушного Флота, ныне — Военно-воздушная инженерная академия имени Н. Е. Жуковского.

Томас Алва Эдисон

С детства Томас Эдисон (1847—1931) много читал и стремился проверить на опыте все, что узнавал. Особенно интересовала его химия. Но чтобы покупать различные химикалии, нужны были деньги, и молодой Эдисон стал продавцом газет в поездах.

Школу пришлось оставить, но Эдисон по-прежнему много читал, увлекался историей, физикой и химией, а для опытов оборудовал себе лабораторию в багажном вагоне того поезда, с которым ездил.

Через некоторое время Эдисон стал телеграфистом. Жил он скудно и все свои деньги тратил на книги и приборы. Первое изобретение Эдисона — прибор для подсчета голосов в конгрессе. Он приехал с ним в Вашингтон. Но там Эдисону сказали, что его изобретение меньше всего нужно Америке.

В Нью-Йорке он сделал еще изобретение — усовершенствовал указатель биржевых курсов. За это ему заплатили 40 тыс. долларов. На них Эдисон приобрел нужное оборудование и открыл собственную мастерскую. А затем он поселился недалеко от Нью-Йорка и устроил там свою лабораторию. С этих пор он целиком отдался изобретательству. И почти до самой смерти — а умер он в 84 года — Эдисон работал с огромным напряжением.

Одним из его изобретений была система электрического освещения, которая демонстрировалась на Международной электротехнической выставке 1881 г. в Париже. Эдисон усовершенствовал лампу Лодыгина, увеличив разрежение в баллоне и применив в качестве нитей накаливания обугленные бамбуковые волокна. Он придумал также патрон к лампочке и выключатель. Этими приспособлениями мы пользуемся до сих пор. Но сама лампочка изменилась: теперь в ней накаливается не бамбуковое волокно, а металлическая вольфрамовая нить. Это усовершенствование внес в эдисонову лампу Лодыгин. Так дважды скрещивались творческие замыслы двух изобретателей.

Телеграф был известен до Эдисона, но изобретатель нашел способы передачи, позволяющие посы-

лать по одному проводу сразу две и даже четыре телеграммы. Телефон, изобретенный Беллом, Эдисон усовершенствовал так, что звук стал громким и ясным, а посторонние шумы перестали мешать разговаривающим. Это позволило вести телефонные линии на большие расстояния.

Эдисон придумал фонограф — прибор, записывающий и воспроизводящий звук. В Америке электрическая железная дорога — всем нам известная электричка — была построена впервые Эдисоном.

Эдисон обнаружил, что между накаленной нитью в электролампе и электродом, который введен в лампу и изолирован от нити, возникает ток, хотя никакого свечения не видно. Это явление, названное эффектом Эдисона, помогло разгадать природу электричества и создать радиолампы.

Пожалуй, во всей истории человечества не было изобретателя более плодовитого, чем Эдисон. За свою жизнь он только в США получил больше тысячи патентов на свои изобретения. В 1930 г. Академия наук СССР избрала Эдисона почетным членом.

Константин Эдуардович Циолковский

Лесничий Эдуард Циолковский верил в способности сына. Шестнадцатилетний подросток страстно увлекался астрономией, физикой, механикой. Оглохнув в десятилетнем возрасте после скарлатины, мальчик не смог учиться в школе и вынужден был заниматься самостоятельно. Книги стали ему верными друзьями. В эти же годы у него проявляется склонность к изобретательству. Он строит модели паровых машин, тележку с ветряком и др. Убедившись в способностях сына, отец отпустил Костю в Москву для продолжения самообразования. Занимаясь самостоятельно, Циолковский проходит полный курс математики и физики за среднюю школу и значительную часть университетского курса.

В 1879 г. Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935), сдав экстерном экзамены, получил звание учителя уездных училищ. Почти всю жизнь он провел в небольшом городе Калуге.

Дети обожали своего учителя физики и математики, он захватывающе интересно рассказывал о мироздании, о развитии жизни на Земле.

Особенно же увлекали Циолковского идеи о покорении космического пространства, о полетах в кос-

мос. В 1883 г. он закончил своеобразный научный труд в форме дневника «Свободное пространство». В нем он пришел к выводу, что «единственным возможным способом передвижения в космическом пространстве является способ, основанный на действии реакции отбрасываемых от данного тела газовых частиц вещества. Построенный по реактивному принципу, летательный «снаряд» в виде железного или стального шара... будет служить для передвижения человека и различных предметов в абсолютной пустоте без пути...».

В 1896 г. Циолковский приступает к углубленным систематическим исследованиям в этой области. Он вывел ставшую теперь знаменитой формулу конечной скорости движения ракеты. Работой «Исследование мировых пространств реактивными приборами» ученый дал серьезное научное обоснование ракеты как единственно целесообразного снаряда для космических путешествий.

Книга Циолковского указала основные пути развития космонавтики и ракетостроения. Она как бы подводила итог всей работе ученого. А сделано было немало. Циолковский обосновал идею создания искусственных спутников Земли и целых орбитальных поселений, предложил принципиально новый тип ракеты — ракету на жидком топливе — и показал возможность использования в качестве топлива жидких кислорода и водорода. Ученый исследовал влияние перегрузок на живые организмы, впервые используя для этого центрифугу, обосновал и относительную безвредность невесомости для человека.

Он пишет научно-фантастические рассказы и повести. Так появляются повести «На Луне», «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения» и др.

Уже после Великой Октябрьской социалистической революции, начиная с 20-х годов, идеи о покорении космического пространства, высказанные Циолковским, начинают получать в СССР и за рубежом широкое распространение.

В последующих работах «Новый аэроплан», «Реактивный аэроплан» ученый подробно рассмотрел типы самолетов, пригодных для различных скоростей и высот полета. На основе строгих математических расчетов он пришел к выводу, что с увеличением скорости и высоты полета самолеты с поршневыми двигателями и винтами скоро исчерпают свои возможности и вынуждены будут уступить место реактивным самолетам.

Решая проблему космических скоростей и наивыгоднейших топлив, в 1926 г. Циолковский приходит к выводу, что ракета должна иметь две ступени: «земную» и «космическую». Проектом многоступенчатой ракеты Циолковский окончательно доказал реальность космических полетов.

Ракета решала проблему доставки человека в космос. А как обеспечить ему условия жизни в этой необычной среде? И Циолковский разработал целый комплекс технических решений, которые осуществляются в практике современной космонавтики. Он предложил использовать растения для поддержания нужного состава атмосферы и получения продуктов питания в космических кораблях и поселениях. Для этого он разработал основы создания космических оранжерей. И об использовании искусственной тяжести позаботился ученый. Он предложил создавать ее путем вращения космических объектов.

В конце 20-х и в начале 30-х годов в нашей стране развертываются теоретические и проектно-конструкторские работы в области ракетной техники и космонавтики. Циолковский принимает живейшее участие в этих работах.

В Калугу писали ученые и инженеры, рабочие, колхозники, студенты. Именно к Циолковскому обращались инициаторы создания обществ, секций и групп, объединявших в те годы усилия энтузиастов ракетной техники и межпланетных сообщений. Известно влияние, оказываемое Циолковским на основные направления работ московской Группы изучения реактивного движения (ГИРД) и ленинградской Газо-динамической лаборатории (ГДЛ), объединившихся впоследствии в Реактивный научно-исследовательский институт. Огромные научные заслуги Циолковского как основоположника теоретической космонавтики общепризнаны.

К. Э. Циолковский обладал огромным даром научного предвидения, но даже он не ожидал, что его идеи будут так быстро претворены в жизнь.

Рудольф Дизель

Отец Рудольфа Дизеля, немец по происхождению, владел маленькой переплетной мастерской в Париже. В 1871 г., когда началась франко-прусская война, отец решил уехать с семьей в Англию.

Жизнь эмигрантов в Англии была тяжелой. Работу найти удавалось не всегда. И тринадцатилетний Рудольф без денег, надеясь только на себя и свою смекалку, переправился на корабле в Германию. Здесь он окончил школу и поступил в политехнический институт. Став инженером, Рудольф Дизель (1858—1913) все свободное время отдавал изобретению двигателя высокой экономичности. Но свободного времени оставалось мало: нужно было зарабатывать деньги, чтобы помогать семье, вернувшейся из Англии на родину. Однако Дизель не сдавался. И наконец долгий и мучительный труд увенчался успехом. В 1892 г. он получил патент на изобретенный им двигатель внутреннего сгорания. Теперь его надо было построить.

Двигатель, всем сейчас хорошо известный, названный именем его изобретателя, был построен впервые на Аугсбургском заводе в 1897 г.

Двигатель Дизеля четырехтактный. Изобретатель установил, что к.п.д. двигателя внутреннего сгорания повышается от увеличения степени сжатия горючей смеси. Но слишком сильно сжимать горючую смесь нельзя: от сжатия она перегревается и вспыхивает раньше времени. Дизель решил сжимать не горючую смесь, а чистый воздух. И только к концу сжатия, когда температура достигала 600—650° С,

в цилиндр постепенно под сильным давлением впрыскивалось жидкое топливо. Конечно, оно немедленно воспламенялось, и газы, расширяясь, двигали поршень. Таким образом Дизелю удалось значительно повысить к.п.д. двигателя. К тому же здесь не нужна была система зажигания.

К Дизелю пришла слава. Его двигатель внутреннего сгорания находил все новое применение. Многие страны приглашали к себе изобретателя. В 1910 г. Дизеля восторженно встречала Россия, несколько позже — Америка.

Но на родине изобретателя обвинили в том, что он пользуется незаслуженной славой, что его изобретение не ново. Дизель тяжело переживал эти нападки, стал мрачен, много болел.

Обстоятельства гибели Дизеля трагичны. Сентябрьским днем 1913 г. он сел на пароход, отправляющийся в Лондон. На утро Дизеля не нашли в каюте, он бесследно исчез.

Александр Степанович Попов

Александр Степанович Попов родился в 1859 г. на Урале в поселке Турьинские Рудники (теперь г. Краснотурьинск). В семье его отца, местного священника, кроме Александра было еще 6 человек детей. Жили более чем скромно. Поэтому Сашу отдали учиться сначала в начальное духовное училище, а затем в духовную семинарию, где детей духовенства обучали бесплатно. Учился Саша очень хорошо и отличался любознательностью. С детства он любил мастерить различные игрушки и простые технические устройства. Эти навыки моделирования очень пригодились ему, когда пришлось самому изготавливать физические приборы для своих исследований.

После окончания общеобразовательных классов Пермской духовной семинарии Александр успешно сдал вступительные экзамены на физико-математический факультет Петербургского университета. Годы учения в университете не были для Попова легкими. Средств не хватало, и он вынужден был подрабатывать электромонтером в товариществе «Электротехник». Эта работа дала ему полезные практические навыки. В студенческие годы сформировались научные взгляды Попова: его особенно привлекали проблемы новейшей физики и электротехники.

Успешно окончив в 1882 г. университет, А. С. Попов получил приглашение остаться там для подготовки к профессорской деятельности по кафедре физики. Но молодого ученого влекли экспериментальные исследования в области электричества, и он поступил преподавателем в Минный офицерский класс в Кронштадте, где имелся хорошо оборудованный физический кабинет. Все свое свободное время Попов посвящает физическим опытам, и главным образом изучению электромагнитных колебаний, которыми он увлекся после их открытия Г. Герцем в 1887 г. В результате многочисленных опытов и тщательных исследований Попов пришел к изобретению радиосвязи. Он построил первый в мире радиоприемник, который назвал «прибором для обнаружения и регистрирования электрических колебаний». В качестве источника электромагнитных колебаний Попов пользовался в своих опытах искровым генератором — вибратором Герца.

7 мая (25 апреля по старому стилю) 1895 г. Попов сделал доклад на заседании Русского физико-химического общества и продемонстрировал в действии свои приборы связи. Этот день считается днем рождения радио.

Много сил и времени посвятил Попов совершенствованию своего детища. Сначала передача велась всего на несколько десятков метров, потом на несколько километров, а затем на десятки километров. Экспериментируя с приборами связи, Попов обнаружил, что на их работу влияют грозовые разряды. Чтобы исследовать это явление, Попов построил и испытал специальный прибор для записи на бумажную ленту атмосферных электрических разрядов. Этот прибор, названный впоследствии грозоотметчиком, нашел в те годы применение в метеорологии.

Зимой 1899—1900 гг. приборы радиосвязи Попова выдержали первый серьезный практический экзамен, они были успешно применены при спасении броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», потерпевшего аварию у острова Гогланд. Незадолго до этого Попов построил приемник нового типа для приема радиограмм на слух. До этого сообщения принимались с помощью звонка, который вызванивал точки и тире телеграфной азбуки. Новый приемник принимал более слабые телеграфные сигналы на телефонный наушник на расстоянии 45 км.

В 1901 г. Попова назначили профессором Петербургского электротехнического института, а в 1905 г. его выбрали директором этого института. Защищая права студентов на проведение митингов и собраний, он имел тяжелые объяснения с царскими чиновниками. Однажды, вернувшись домой после одного из таких столкновений, Попов почувствовал себя плохо. 13 января 1906 г. он скончался от кровоизлияния в мозг. Так преждевременно оборвалась жизнь талантливого ученого и очень скромного человека, гений которого подарил человечеству радио.

Алексей Николаевич Крылов

Алексей Николаевич Крылов (1863—1945) еще в детстве мечтал стать моряком. Пятнадцати лет он поступил в Петербургское морское училище. Там он с увлечением изучал теоретические предметы, а во время летних плаваний приобретал практические навыки управления кораблем. Но особенно его интересовала математика. «Еще в училище для меня стало ясно, что без глубокого изучения математики немыслимо стать хорошим моряком»,— писал Крылов много лет спустя.

В 1884 г., окончив училище, Крылов начал работать мичманом в Компасной части Главного гидрографического управления. Его первые научные работы были посвящены устранению погрешностей магнитных компасов и опубликованы уже в 1885—1886 гг.

Компасное дело и связанные с ним проблемы земного магнетизма увлекали Крылова всю жизнь. В 1941 г. комплекс классических работ ученого в области магнитных и гироскопических компасов был удостоен высокой научной награды — Государственной премии СССР.

В 1890 г. А. Н. Крылов окончил Морскую академию и занялся научной и педагогической деятельностью. Вскоре ему поручили читать лекции по новому тогда курсу теории корабля. Эту сложную науку приходилось создавать буквально заново, используя и развивая теоретическое наследие знаменитых механиков и математиков прошлого, анализируя и обобщая многолетнюю практику строительства и эксплуатации кораблей. Основное назначение теории корабля Крылов видел в исследовании таких важных его свойств, как плавучесть и непотопляемость, плавность хода и минимальная качка на волнах, хорошая маневренность и многие другие качества. В теоретическую и практическую разработку всех этих вопросов выдающийся русский ученый внес огромный вклад. Работами Крылова была создана строго научная теория корабля.

Ему принадлежат и выдающиеся работы в области строительной механики корабля. Потребность в такой науке возникла во второй половине прошлого века, когда в кораблестроении вместо дерева стали широко использовать металл. Это позволило значительно увеличить размеры кораблей, повысить их прочность, но одновременно потребовало новых конструктивных решений. Крылову и его последователям выпала честь установить основные закономерности строительной механики корабля, заложить фундамент этой новой области науки, лежащей в основе современного кораблестроения.

Академик Крылов прожил долгую, славную жизнь. Много лет он стоял во главе отечественного кораблестроения и корабельной науки. Более полувека преподавал науку о корабле в крупнейших вузах нашей страны. Он был человеком необычайно широкого кругозора. Его интересовали буквально все науки, где находят применение методы математики, механики, физики. Ряд обстоятельных трудов

ученый посвятил астрономии — науке не менее древней, чем математика. Он перевел на русский язык многие труды классиков науки — И. Ньютона, Л. Эйлера, К. Гаусса, снабдив их обстоятельными комментариями и пояснениями.

Крылов был удостоен почетного звания Героя Социалистического Труда, награжден тремя орденами Ленина.

Роберт Годдард

Американский ученый Роберт Годдард (1882—1945) известен как пионер ракетостроения и теоретической разработки космических полетов. Годдард создал и запустил первую в мире ракету на жидком топливе и экспериментировал в области жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и ракет на протяжении четверти века.

После окончания в 1908 г. Вустерского политехнического института Годдард, исследуя ракеты как средства достижения больших высот и космических полетов, заинтересовался жидким ракетным топливом. Начал он с того, что попытался определить количество топлива, необходимого для сообщения телу второй космической скорости.

Во время первой мировой войны Годдард проводил эксперименты по созданию пороховых ракет в лабораториях колледжа Кларка в штате Массачусетс. В 1919 г. были опубликованы результаты этих исследований под заглавием «Метод достижения крайних высот».

Все свои работы Годдард держал в строгом секрете и опубликовывал очень мало. Время от времени газеты отмечали, что Годдард достиг в своих исследованиях значительного прогресса. Первый успешный запуск ракеты на жидком топливе был произведен им в Вустере 16 марта 1926 г., но в печати об этом не сообщалось никаких подробностей вплоть до 1936 г., когда появился доклад Годдарда «Развитие ракет на жидком топливе». Он считал космический полет конечной целью развития ракетной техники, обсуждал вопрос о посылке ракеты с приборами на Луну. Ракета, по его мнению, должна была снабжаться взрывающейся носовой частью, причем вспышка от взрыва должна была отметить момент прилунения. Принцип многоступенчатости ракет Годдард считал важным средством улучшения их летных характеристик. Идеи Годдарда были подтверждены многочисленными патентами, характеризующими его изобретательность и широту мысли. С 1914 по 1940 г. он получил 83 патента на изобретения в области ракетной техники, а после смерти на его имя был зарегистрирован еще 131 патент. Именем талантливого изобретателя назван кратер на Луне.

Фридрих Артурович Цандер

Фридрих Артурович Цандер (1887—1933) — замечательный советский ученый, инженер, энтузиаст межпланетных сообщений. Современники достойно оценили вклад Цандера в развитие ракетной техники, назвав его пионером ракетной техники.

Цандер одним из первых в нашей стране приступил к инженерным разработкам и теоретическим изысканиям в области ракетостроения и межпланетных сообщений.

Он предвидел начало новой эры в истории человечества и показал своими научными исследованиями и конструктивными разработками место ракетной техники в жизни современного общества. «Цандер. Вот золото и мозг»,— писал Циолковский.

Цандер родился в Риге. Его отец был большим любителем астрономии. Под влиянием рассказов отца о Луне, звездах, о первых полетах человека у Цандера еще в детские годы развилось стремление «летать к звездам». Он мечтает о научной работе, о полетах к другим планетам. В училище от преподавателя космографии Цандер узнал о статье Циолковского «Исследование мировых пространств реактив-

ными приборами». Впоследствии, будучи студентом Рижского политехнического института, он изучил эту статью.

После окончания института Цандер приступает к углубленным исследованиям в области ракетной техники и теории межпланетных сообщений и не расстается с этой проблемой до конца своей жизни. «Кто не устремлял в ясную звездную ночь своих взоров к небу, на котором сверкают миллионы звезд, и не подумал о том, что около них на планетах должны жить другие человечества, отчасти в культуре на многие тысячелетия опередившие нас. Какие несметные культурные ценности могли бы быть доставлены на Землю, если бы удалось туда перелететь»,— говорил Фридрих Артурович.

Начиная с 20-х годов Цандер много сил уделял теоретическим исследованиям реактивного движения и в то же время был талантливым инженером. Его работами интересовался великий Ленин.

В 1928 г. Цандер приступил к практическим работам по реализации ракетного полета.

В 1930 г. он создал экспериментальный реактивный двигатель, работавший на бензине и сжатом воздухе, ОР-1. За ним последовал ОР-2 на жидком кислороде и бензине. Он много работал над проектами ракетных двигателей большой тяги в 600 и 5000 кг, предполагая в первом из них использовать металлическое горючее. В 1931 г. Цандер был одним из организаторов Группы изучения реактивного движения (ГИРД). Но талантливому инженеру и ученому не удалось увидеть, как 25 ноября 1933 г. стартовала созданная «гирдовцами» по его идеям ракета на жидком топливе. Фридрих Артурович Цандер скончался за несколько месяцев до этого события.

Многие труды Цандера не утратили своего значения и до нашего времени. Он работал над созданием крылатых ракет, а также ракет-носителей, в двигателях которых можно было бы сжигать корпуса отслуживших ракетных блоков. Именем Цандера назван кратер на обратной стороне Луны.

Андрей Николаевич Туполев

Один из самых выдающихся инженеров и ученых нашей страны, крупнейший авиационный конструктор, создатель отечественной школы металлического самолетостроения, с деятельностью которого связана целая эпоха в мировом самолетостроении, Андрей Николаевич Туполев родился 10 ноября 1888 г. в селе Пустомазово Калининской области. В 1909 г. студент Московского высшего технического училища (ныне МВТУ имени Н. Э. Баумана) Туполев сконструировал планер и совершил на нем свой первый полет. С тех пор вся его жизнь была отдана авиации. Ученик и соратник профессора Н. Е. Жуковского, Туполев вместе с Жуковским, с одобрения В. И. Ленина, руководил созданием ЦАГИ — центра отечественной авиационной науки.

В 1922 г. Туполев организовал первое в стране опытно-конструкторское бюро по самолетостроению и на протяжении полувека, до последних дней своей жизни был его бессменным руководителем.

Самолеты, созданные этим коллективом,— от АНТ-1 до ТУ-154 — известны всей стране, всему миру. Под руководством Туполева создавались первые наши цельнометаллические самолеты АНТ-2, первые тяжелые — АНТ-6, которые участвовали в высадке экспедиции на Северный полюс, прославленные самолеты АНТ-25, на которых экипажи В. П. Чкалова и М. М. Громова совершили свои знаменитые перелеты из Москвы через Северный полюс в Америку. Самолет АНТ-20 «Максим Горький» в течение 16 лет оставался самым крупным сухопутным самолетом в мире. Наряду с развитием пассажирского самолетостроения большой коллектив, руководимый Туполевым, сыграл огромную роль в создании бомбардировочной авиации, снискавшей себе славу в годы Великой Отечественной войны.

С именем Туполева, с самолетом ТУ-104 связано начало эры реактивной пассажирской авиации. После этого самолета, который первым вышел на регулярные пассажирские трассы, выпущена была целая плеяда пассажирских лайнеров: ТУ-114, ТУ-124,

ТУ-134, ТУ-154, бороздящих воздушный океан нашей страны и более 60 зарубежных стран.

На протяжении всей своей жизни (он умер в 1972 г.) Туполев был на переднем крае научно-технического прогресса, двигал вперед не только авиационную науку и технику, но и смежные отрасли. Талант ученого-исследователя, выдающаяся инженерная интуиция, большая творческая смелость сочетались у Туполева с блестящими организаторскими способностями и высокими душевными качествами пламенного патриота и отзывчивого человека.

Генерал-полковник, инженер, академик Андрей Николаевич Туполев был депутатом Верховного Совета СССР, трижды Героем Социалистического Труда, лауреатом Ленинской и Государственных премий.

Юрий Васильевич Кондратюк

Одним из пионеров советской ракетной техники был Юрий Васильевич Кондратюк (1897—1942) — механик-самоучка, который занимался разработкой вопросов ракетостроения и космических полетов. Юрий Васильевич Кондратюк высказывал идеи и разрабатывал проблемы полетов к Луне и другим небесным телам.

Родился Кондратюк на Украине, в г. Полтаве. В 1916 г. он получил среднее образование. В это время его волновала идея космических полетов, он заинтересовался проблемами межпланетных сообщений. Этому вопросу он посвятил свою первую рукописную работу: «Тем, кто будет читать, чтобы строить». Богатый по своему содержанию, оригинальный по своему методу и убедительности доказательств, этот труд был создан совершенно независимо от тех немногих ученых, которые в то время занимались проблемами ракетных полетов. В основе этого труда лежит неиссякаемая вера в осуществимость вторжения человека в космос.

Знакомство с трудом Ю. В. Кондратюка показывает, что молодой энтузиаст, работавший в области ракетной техники и теории межпланетных полетов, сделал новый шаг в развитии зарождающейся ракетной науки и техники. Это исследование, проделанное позже первых работ Циолковского, но не дублирующее их и сделанное независимо от них, подтвердило приоритет отечественной научной и инженерной мысли в области космонавтики.

От еще совсем незрелых, а в некоторых случаях несколько наивных выводов, сделанных в его первом труде, Кондратюк позднее пришел к твердым убеждениям, нашедшим свое отражение в опубликованной в 1929 г. книге «Завоевание межпланетных пространств».

Еще в рукописи эта книга была направлена специалисту в области воздухоплавания и реактивного движения профессору В. П. Ветчинкину, который написал в предисловии, что эта книга «будет служить настольным справочником для всех, занимающихся вопросами ракетного полета».

Кондратюк рассматривает все этапы межпланетного полета, переводит их на математический язык и разбирает, что происходит с экипажем и кораблем в пути. Расчеты говорят ему, что корабль должен при спуске сильно нагреваться. И Кондратюк сразу

же находит меры борьбы: надо устроить теплозащитный экран и экипаж поместить в спускаемый аппарат-кабину, отделяемую от ракеты при возвращении на Землю.

Кондратюк отчетливо представлял себе роль промежуточных межпланетных баз-станций для осуществления дальних путешествий, считая их ключом к овладению мировым пространством. Кондратюк предполагал, что смену экипажей на станциях можно будет производить специальными транспортными кораблями.

В результате проведенных исследований Кондратюк пришел к выводу, что межпланетные путешествия могут быть осуществлены в недалеком будущем и что завоевание космического пространства принесет человечеству большую пользу. Он сказал, что «именно в возможности в ближайшем же будущем начать по-настоящему хозяйничать на нашей планете и следует видеть основное огромное значение для нас в завоевании пространств Солнечной системы». Именем Кондратюка назван кратер на обратной стороне Луны.

Сергей Павлович Королев

Мир впервые услышал о Главном конструкторе космических ракет и кораблей в день полета Юрия Гагарина. Через несколько лет мы узнали, что им был академик Сергей Павлович Королев (1906—1966).

Великая Октябрьская революция застала Сережу Королева в Одессе. До этого он жил у деда с бабушкой в провинциальном украинском городке Нежине. Революционная Одесса поразила мальчика.

В те дни Сергей, может быть, впервые задумался о сложном мире взрослых. А уже через несколько лет Королев сделал первые самостоятельные шаги в этом мире. Окончил двухгодичную профессиональную строительную школу. Работал столяром. Крыл крыши черепицей. Позднее перешел на производство, к станку. «Мой трудовой стаж начался с шестнадцати лет»,— писал Королев.

Еще в школе он вместе с товарищами из кружка «Общество друзей воздушного флота» конструировал и строил планеры. Здесь у юноши сформировалась главная цель — стать авиационным инженером. Поступая в Киевский политехнический институт, молодой рабочий-строитель уже смог указать в заявлении: «Мною сконструирован безмоторный самолет оригинальной системы». В Москве, где Королев продолжал учебу в Высшем техническом училище, он совмещал учебу не только с работой на авиационном заводе, но и с занятиями в школе летчиков.

О трудах Циолковского Королев впервые услышал в годы учебы. Это круто изменило всю его дальнейшую судьбу. «Раньше я мечтал летать на самолетах собственной конструкции, а после встречи с Циолковским решил строить только ракеты и летать на них. Это стало смыслом всей моей жизни»,— рассказывал Королев.

В 30-е годы в Москве организуется Группа изучения реактивного движения (ГИРД). Ее руководителем стал замечательный ученый Ф. А. Цандер, а затем его сменил Королев. В группе работали настоящие энтузиасты. Может быть, поэтому результаты не заставили себя ждать. В 1933 г. была запущена первая советская жидкостная ракета «ГИРД-09». В этом же году создается первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт. Разработкой ракетных летательных аппаратов занимается в институте отдел Королева. В 1934 г. была издана его работа «Ракетный полет в стратосфере». Королев разработал летавшую в 1939 г. управляемую крылатую ракету и ракетопланер.

Международная обстановка в те годы была напряженной. Все понимали, что фашизм в Германии представляет серьезную угрозу миру. В укреплении обороноспособности страны партия и правительство уделяли особое внимание авиации. Во время войны Сергей Павлович занимался созданием жидкостных ракетных ускорителей для серийных боевых самолетов. Машины с дополнительными ракетными двигателями могли быстрее взлетать, лучше маневрировать в воздушном бою.

В конце 50-х годов Королев возглавил большой коллектив, создававший мощные ракетные системы.

Наступило 4 октября 1957 г.— день начала космической эры. «Он был мал, этот самый первый искусственный спутник нашей старой планеты, но его земные позывные разнеслись по всем материкам и среди всех народов, как воплощение дерзновенной мечты человечества»,— вспоминал Сергей Павлович.

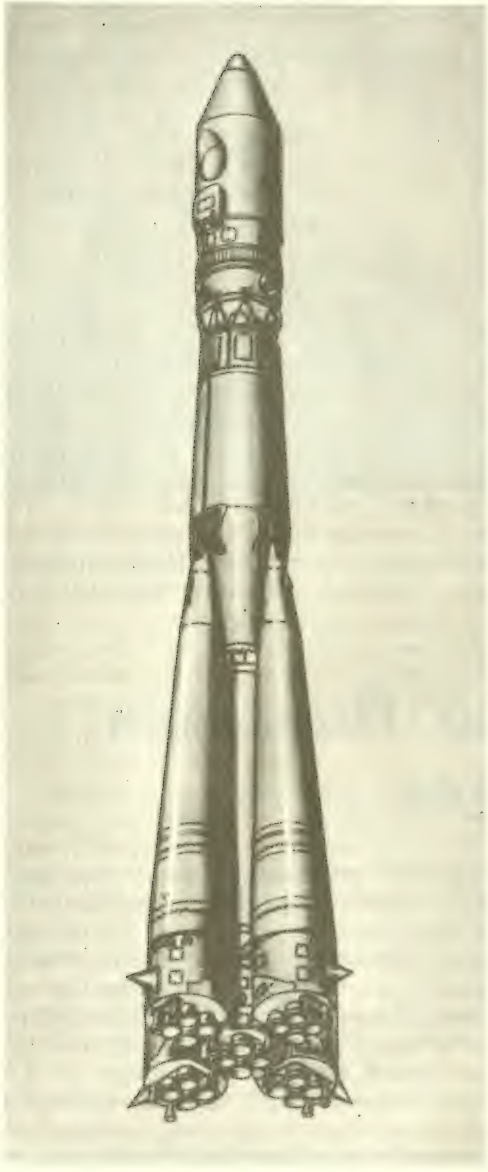
За первыми спутниками в космос вышли космические корабли «Восток», также созданные под руководством Королева. 12 апреля 1961 г. Главный конструктор проводил в полет Юрия Гагарина. Вслед за первым космонавтом в космосе побывали его друзья, многие уже на новом корабле — «Восход».

А помыслы Королева устремлялись дальше — к Луне и планетам Солнечной системы. В 1959 г. космический аппарат «Луна-2» впервые достиг Луны, затем космический фотограф «Луна-3» показал нам ее невидимую сторону, и, наконец, в 1966 г. автоматическая станция «Луна-9» совершила мягкую посадку на Луну. В 60-е годы отправились к Венере и Марсу первые межпланетные станции.

В истории освоения космического пространства с именем Королева связана эпоха первых замечательных достижений. Выдающиеся организаторские способности и талант большого ученого позволили ему на протяжении ряда лет направлять работу многих научно-исследовательских и конструкторских коллективов на решение больших комплексных задач. Научные и технические идеи Королева получили широкое применение в ракетной и космической технике. Под его руководством созданы многие баллистические и геофизические ракеты, ракеты-носители и пилотируемые космические корабли «Восток» и «Восход», на которых впервые в истории совершены космический полет человека и выход человека в космическое пространство. Ракетно-космические системы, во главе разработки которых стоял Королев, позволили впервые в мире осуществить запуски искусственных спутников Земли и Солнца, полеты автоматических межпланетных станций к Луне, Венере и Марсу, произвести мягкую посадку на поверхность Луны.

Создавая аппараты для исследования дальнего космоса, Сергей Павлович не забывал и о большой практической пользе, которую должны приносить искусственные спутники Земли науке и народному хозяйству. Им были разработаны спутники «Молния-1», «Электрон», многие аппараты из серии «Космос».

Имя лауреата Ленинской премии, дважды Героя Социалистического Труда, выдающегося конструктора академика С. П. Королева навсегда вписано в историю космонавтики.



«Восток» — первый космический корабль, на котором 12 апреля 1961 г. был осуществлен полет человека в космическое пространство. Пилотировался Ю. А. Гагариным.

Имя Королева как одного из основоположников практической космонавтики присвоено крупнейшему образованию (талассоиду) на обратной стороне Луны. Академией наук СССР учреждена золотая настольная медаль имени С. П. Королева за выдающиеся работы в области ракетной техники и космонавтики.

Юным любителям техники

Несколько советов начинающему моделисту

С чего начать?

Вы хотите построить своими руками действующую модель, но не знаете, с чего начать.

Самое главное — выяснить, какие модели вас больше интересуют. Ведь видов моделизма много. Можно, например, стать авиамоделистом и строить летающие модели самолетов и планеров, можно создавать модели судов, автомобилей, ракет или, наконец, самому делать радиоприемники.

У нас в стране существует много кружков моделистов при Домах пионеров, станциях юных техников и просто при школах, ЖЭКах и в пионерских лагерях. Если вы запишетесь в такой кружок, то через год-два вы обязательно станете настоящим моделистом, ведь кружками руководят опытные преподаватели, которые вас многому научат.

Но можно научиться строить модели и дома. У нас в стране для юных техников-моделистов выпускается много различных пособий: тут и чертежи моделей, книги по моделизму, журналы «Моделист-конструктор» и «Юный техник». Наша промышленность выпускает огромное количество различных моделей в виде наборов полуфабрикатов, наборов материалов для юного техника, радиоконструкторы и т. п. Все это можно купить в магазинах «Пионер», «Детский мир», «Культтовары». Можно выписать наборы по почте через базу Посылторга. Для этого необходимо на почте попросить каталог товаров Посылторга, выбрать там нужные и заполнить специальный бланк-заявку. Оплата производится при получении заказа наложенным платежом.

Главное — четко знать, что выбрать. Если вы решили строить модели дома, то вам просто необходимо начинать с наборов полуфабрикатов. Набор содержит кроме полного комплекта материалов и деталей еще и чертеж, подробную инструкцию по сборке модели. Строя модель из набора, вы изучите конструкцию, технологию изготовления и обработки деталей, наконец, получите представление о модели и сможете приобретенный опыт использовать в дальнейшем.

Для постройки модели из набора не требуется сложного инструмента, а это на первых порах очень важно, ведь инструмент для вашей мастерской будет приобретаться постепенно. Когда вы построите несколько моделей из наборов, научитесь их запускать, будете знать, из каких деталей и частей состоит конструкция, тогда можно подумать и о модели собственной разработки, но для этого нужно больше читать журналов и книг по моделизму.

Рабочее место моделиста. Такую мастерскую вы можете оборудовать у себя дома. Дрель, тиски, ножовка, лобзик, напильник и плоскогубцы — вот основной инструмент, с помощью которого можно построить почти любую модель.

Рабочее место

Чтобы строить даже простейшие модели, необходимо подготовить рабочее место.

Лучше всего работать за письменным столом. В крайнем случае подойдет любой другой стол с ровной и прочной крышкой. Письменный стол удобен тем, что в его ящиках можно хранить инструмент и материал. Чтобы предохранить крышку стола от повреждений, во время работы на нее необходимо сверху положить лист фанеры или плотного картона.

Днем стол должен освещаться светом от окна, вечером лучше пользоваться настольной лампой, однако свет от лампы должен не попадать в глаза, а освещать только поверхность стола.

Для моделей из полуфабрикатов на первых порах достаточно иметь: острый перочинный нож, пару напильников, ножницы, плоскогубцы, молоток и лобзик.

В дальнейшем, при изготовлении более сложных моделей, понадобятся: ручная дрель и сверла, настольные тиски, небольшой рубанок, пила-ножовка, электропаяльник.

Впоследствии, когда вы решите сами конструировать и чертить модели, придется обзавестись и чертежными принадлежностями. Очень важно содержать рабочее место и инструмент в надлежащем порядке. Инструмент всегда нужно убирать на строго определенное место, чтобы необходимые предметы легко было отыскать. После работы не забывайте убирать отходы материалов, стружки, опилки, чтобы не доставлять огорчения родителям. Для незавершенных работ необходимо выделить специальное место, это может быть полка в книжном шкафу или просто полка, укрепленная на стене.

Помните, что культура в работе над моделями совершенно необходима, и она должна проявляться во всем.

Конструирование моделей

После нескольких построенных из наборов полуфабрикатов моделей вы почувствуете, что у вас уже есть опыт для самостоятельного конструирования.

Первое, что вам нужно сделать, начав самостоятельно конструировать,— это подобрать книги и журналы с описанием аналогичных конструкций, изучить все это, чтобы не изобретать давно изобретенное. Кроме того, необходимо приобрести тетрадь, где вы будете записывать цифровые данные моделей и необходимые расчеты, а также альбом, в котором будете чертить эскизы моделей и отдельные детали.

Конструирование любой модели начинается с расчетов, и бояться их не надо. На первых порах можно ограничиться простейшими. Например, вы решили сконструировать кордовую тренировочную модель самолета с моторчиком. Вы уже подобрали книги и журналы, где есть несколько готовых разработок. Выпишите в тетрадь основные данные нескольких моделей (длина, размах крыла, размах стабилизатора, площадь крыла и стабилизатора и т. д.). Затем нужно решить, какие данные подойдут для вашего проекта. Если имеющиеся данные не подходят, то можно использовать средние, взятые от нескольких моделей. Если и они вам не подходят, то можно взять любые приемлемые для вас величины. В этом случае главным должно быть соблюдение соотношений площадей крыла и стабилизатора, стабилизатора и руля высоты и т. п. Эти параметры основные, так как влияют на качество полета и управляемость модели.

Аналогичный способ расчета можно применить и для моделей кораблей, парусных судов, автомобилей, аэросаней и др. Определив основные размеры будущей модели, можно приступать к эскизному проекту. Для этого в альбоме для эскизов сделайте несколько рисунков внешних очертаний модели, выберите наиболее удачный и постарайтесь сделать чертеж в масштабе 1 : 2; 1 : 1,5 или 1 : 10 по отношению к натуральным размерам.

Возможно, придется сделать несколько чертежей, и, когда вам понравятся внешние формы будущей модели, можно приступать к изготовлению рабочих чертежей в натуральную величину.

Рабочий чертеж лучше всего чертить на миллиметровке. Клеточки позволят обходиться без угольника и сократят использование линейки для измерений.

Тщательная обработка деталей — основное правило при постройке модели. От этого зависит и внешний вид, и летные или ходовые качества модели.

Моделист за сборкой летающей модели самолета. Пройдет немного времени, и этот красивый самолет совершит свой первый испытательный полет.

Много раз проверены все механизмы и двигатели, и вот наступил самый волнующий момент: как поведет себя модель на плаву?

При изготовлении рабочих чертежей важна правильная компоновка (размещение) двигателя, узлов и деталей управления, батарей питания, бачка для горючего и т. п. Желательно, чтобы к моменту изготовления чертежа эти вещи были в наличии, тогда можно просто, раскладывая их на чертеже, определять место размещения. В крайнем случае необходимо знать точные размеры и массу этих предметов.

Чтобы по чертежу можно было построить модель, ее необходимо вычертить минимум в трех проекциях: вид сбоку, сверху и спереди. Кроме этого, придется начертить несколько разрезов, например: 3—4 разреза фюзеляжа или корпуса судна, минимум 2 разреза крыла, чтобы иметь представление о профиле в центральной части и на конце. Чем подробнее будет чертеж, тем легче будет строить модель.

Не спешите при изготовлении чертежа. Изготовление чертежа — проекта модели — это настоящая конструкторская работа, а для конструктора усидчивость и терпение — главное.

Испытание модели

На вашем рабочем столе стоит, поблескивая свежей краской, полностью законченная модель. И тут вы вдруг почувствуете непреодолимое желание немедленно проверить ее летные или ходовые качества. Не торопитесь с испытанием модели. Достаточно одного непродуманного действия, и прекрасная модель, на постройку которой затрачено много труда и времени, превратится в груду обломков.

Задайте себе вопрос: знаете ли вы правила регулирования модели? Умеете ли пилотировать? Если это кордовая модель, то нужно составить программу испытаний и строго ее придерживаться. Если правил регулирования и запуска не знаете, обратитесь к литературе. А лучше всего обратиться за помощью к более опытному товарищу или в ближайший Дом пионеров, станцию юных техников — там вы всегда найдете поддержку.

Когда модель пройдет испытания, вам захочется узнать, как она по летным или ходовым качествам выглядит по сравнению с другими моделями, лучше она или хуже.

Можно сравнить результаты испытания своей модели с данными моделей, участвующих в соревнованиях. Эти данные вы можете найти в журналах «Моделист-конструктор», «Крылья Родины» и др. А можно и помериться своим искусством с другими моделистами непосредственно на соревнованиях. В нашей стране ежегодно проводится огромное количество соревнований по всем типам и классам моделей, начиная от внутрикружковых, межлагерных и кончая всесоюзными и международными. Чтобы попасть на внутрикружковые или районные соревнования, нужно обратиться или в Дом пионеров, или на станцию юных техников с просьбой включить вас в состав участников соревнований по интересующему вас классу моделей. Если Дома пионеров или станции юных техников в том месте, где вы живете, нет, напишите письмо или обратитесь в ближайший комитет ДОСААФ. Вам придется написать подробное письмо с описанием модели, ее летных и ходовых качеств, и если ваша модель по этим данным окажется лучшей, то вас непременно пригласят на соревнования.

Не забывайте, что и в вашей школе почти каждый год устраиваются выставки детского технического творчества, и, если ваша модель будет экспонирована на ней, это тоже большое и полезное дело.

И последний совет. Не будьте моделистом-одиночкой. Одному работать трудно, лучше — когда рядом есть друзья, которые могут и помочь, и посоветовать, и покритиковать. Найдите себе таких друзей-единомышленников. Три — пять человек моделистов — это уже коллектив, а в коллективе трудности преодолевать и технические проблемы решать легче.

Справочный отдел

Что читать по технике

В этой книге вы познакомились с устройством машин и с тем, как получают энергию, которая приводит их в движение, с работой автоматических и радиоэлектронных устройств, с заводами-гигантами, современным транспортом и связью, узнали об изготовлении синтетических материалов, о том, как человек строит дома и покоряет реки, как техника помогает осваивать космос и изучать глубины океана... Словом, эта книга ввела вас в сложный и увлекательный мир техники и промышленности, показала роль техники в науке, в быту, во всей нашей жизни. Но даже будь пятый том Детской энциклопедии еще толще в несколько раз — все равно в одной книге не хватило бы места, чтобы подробно рассказать обо всех вопросах техники. В этом вам помогут другие книги и журналы. Они углубят ваши знания, ответят на многие волнующие вопросы.

Библиография «Что читать по технике» — это своеобразный путеводитель по книжным полкам. Он подсказывает наиболее полезные и интересные издания. Литература в библиографии сгруппирована, как правило, в соответствии с основными разделами тома. Внутри разделов материал расположен по темам, от менее трудных книг к более трудным. Не торопитесь: прежде чем выбрать себе книгу, просмотрите весь список по данному разделу техники.

Техника и экономика сегодня

Прилежаева М. П. На Двадцать четвертом съезде. М., «Дет. лит.», 1971. 63 с. с ил.

Эта книга о делегатах XXIV съезда партии — сталеварах, строителях, ученых, колхозниках; о развитии народного хозяйства страны в девятой пятилетке.

Школьникам о XXIV съезде КПСС. Сборник статей. М., «Просвещение», 1972. 120 с. с ил.

О работе XXIV съезда партии и принятых им решениях. Ряд статей посвящен основным направлениям развития научно-технического прогресса в СССР.

Баранова М. П., Велтистов Е. С. Излучать свет. Документальные рассказы. Хроника героев и строек от взятия Зимнего до штурма Вселенной. М., «Дет. лит.», 1973. 287 с. с ил.

Стороженко В. П. Главная задача. Новая пятилетка. Что принесет она людям. М., «Дет. лит.», 1972. 39 с. с ил. (Рассказы о девятой пятилетке).

Захарченко В. Д. Пять шагов до соседней звезды. Рассказ о том, что такое научно-техническая революция и как она помогает выполнять пятилетку. М., «Дет. лит.», 1971. 40 с. с ил. (Рассказы о девятой пятилетке).

Лешковцев В. А. Маршрут — будущее. О сказках, ставших былью, и о мечтах, которые с помощью науки станут сегодняшним днем, узнает тот, кто прочтет эту книгу. М., «Дет. лит.», 1972. 40 с. с ил. (Рассказы о девятой пятилетке).

Гладков К. А. О самой большой мечте человечества. М., «Дет. лит.», 1965. 127 с. с ил.

О развитии энергетики, машиностроения, сельскохозяйственной техники и т. п.

Стороженко В. П. Семь раз отмерь... Изд. 2, доп. М., «Дет. лит.», 1970. 128 с. с ил.

Без экономических знаний не обойтись ни машиностроителям, ни геологам, ни океанологам. Книга рассказывает о науке экономике, объясняет многие экономические термины, вводит в курс экономических интере-

сов страны и конкретных задач, стоящих перед экономистами заводов, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов.

Рябокляч А. К. Твои миллионы. М., «Дет. лит.», 1965. 128 с. с ил.

В трех главах книги — «Злая царица и былинный богатырь», «Мое» и «наше» — друзья и братья», «Океан сказочной силы» — рассказывается о преимуществах социалистической экономики: о социалистической собственности, национальном богатстве страны, роли науки и техники в экономике нашей Родины.

Дубровицкий И. В., Орлов В. В. О золотых руках, арифметике и мечтах. Изд. 2. М., «Молодая гвардия», 1972. 160 с. с ил.

«Эта книга рассказывает об очень сложной науке — об экономике, о развитии ее в новой, девятой пятилетке,— говорит в предисловии писатель А. Маркуша.— Книга поведет вас на стройки и в цехи заводов и, может быть, кому-то из вас поможет выбрать будущую профессию».

Дубовицкий И. В. и *Орлов В. В.* 33 ответа на 33 вопроса. М., Детгиз, 1963. 224 с. с ил. (Школьная б-ка).

Книга посвящена развитию науки, техники и всего народного хозяйства страны.

Кобринский А. Е., Кобринский Н. Е. Много ли человеку нужно? М., «Молодая гвардия», 1969. 335 с. с ил. (Эврика).

Для работы и жизни современному человеку нужно свыше... 20 млн. различных орудий труда, материалов и продуктов. Как произвести все их в необходимых пропорциях и при наименьших затратах? На эти и многие другие вопросы из области планирования, координации производства и технического прогресса отвечают авторы книги.

Эпштейн Л. Е. Экономика и ты. М., «Молодая гвардия», 1971. 208 с.

Машина — основа современной техники

Ильин М. Избранное. М., Детгиз, 1958. 590 с. с ил. (Школьная б-ка).

Научно-художественные очерки об истории электрического освещения («Солнце на столе»), о том, как совершенствовались часы («Который час?»), о микроскопе и телескопе и фотоэлементе («Искусственный глаз»), о совершенствовании станков («Завод-автомат»), изучении атома («Путешествие в атом»).

Мар Е. П. Что из чего. М., «Дет. лит.», 1968. 333 с. с ил.

Книга о дереве, глине, железе и воде. О том, как великий волшебник Труд заставил их работать на человека.

Маркуша А. М. Чудеса на колесах. Книга для любознательных. М., «Дет. лит.», 1970. 254 с. с ил.

«Чудеса на колесах» — маленькая техническая энциклопедия. В каждой главе есть и экскурс в прошлое, и взгляд в будущее, есть практические советы, и раздел «Подумай, сообрази, реши». Многочисленные рисунки и чертежи помогут глубже понять содержание.

Шур Я. И. Сколько стоит минута. М., «Сов. Россия», 1972. 111 с. с ил. (Узнай о мире и о человеке).

История развития машин и борьба за скорость на земле, в небе и на море, о совершенствовании средств связи и о том, как «добывают» электрическую энергию.

Кто, когда, почему? Пер. с польск. М., Детгиз, 1961. 256 с. с ил.

Сборник ответов на вопросы из различных областей знания. Раздел «Точные науки» посвящен атомной энергии и истории технических изобретений и открытий.

Бублейников Ф. Д. Загадки техники и законы природы. М., Детгиз, 1969. 112 с. с ил.

Рассказы о том, как физики, открывая законы природы, нашли пути решения многих технических вопросов. Автор приводит примеры из области энергетики, материаловедения, машиностроения, обработки металлов, горного дела.

Клуб молодых изобретателей. Сборник. М., «Молодая гвардия», 1962. 416 с. с ил.

В сборнике помещены статьи и заметки по различным проблемам техники (космонавтика, бионика, техническая эстетика, конструирование машин), о нерешенных задачах техники и возможных изобретениях будущего, об истории изобретений и выдающихся изобретателях.

Бахтамов Р. Б. Изгнание шестикрылого серафима. М., Детгиз, 1961. 128 с. с ил.

Можно ли научиться изобретать? Нужен ли для этого природный дар? Есть ли ключ к «секретам» изобретения или они делаются случайно, когда вдруг человека «осеняет на перепутье шестикрылый серафим»? Автор отвечает на эти вопросы, вводит читателей в лабораторию творцов нового.

Орлов В. И. Трактат о вдохновенье, рождающем великие изобретения. М., «Знание», 1964. 350 с. с ил.

Рассказы об изобретениях и изобретательстве, об истории целого ряда открытий в науке и технике.

Орлов В. И. Сто вариаций на тему старой сказки. М., «Сов. Россия», 1964. 256 с. с ил.

«Герои» этой книги — тени и солнечные зайчики, пузыри и дым. Автор показывает, как человеческая изобретательность превращает их в большую силу.

Миронов И. Третий триумвират. М., «Дет. лит.», 1965. 269 с. с ил.

На обложке этой книги нарисованы скальпель, интеграл и паяльник, символизирующие биологию, математику и технику. Этот триумвират является гербом бионики — науки, которая раскрывает секреты природы, чтобы вооружить ими машины, механизмы, приборы.

Штейнгауз А. И. Инженер и природа, или что такое бионика. М., «Дет. лит.», 1968, 268 с. с ил.

Литинецкий И. Б. На пути к бионике. М., «Просвещение», 1972. 223 с. с ил.

Кохтев А. А. Школьнику о значении стандартов в современном производстве. М., «Просвещение», 1969. 191 с. с ил.

Книга знакомит с первостепенной проблемой современной техники — проблемой стандартизации.

Авербух О. К. За гранью известного. Рассказы о «белых пятнах» в науке с прологом и эпилогом. Ташкент, «Укитувчи», 1972. 223 с. с ил.

Аграновский А. А. Репортаж из будущего. М., Детгиз, 1962. 477 с. с ил. (Школьная б-ка).

Будущее рождается сегодня. Из очерков-репортажей читатель узнает, как проектируются гигантские заводы завтрашнего дня, изменяется облик городов и деревень. Специальные репортажи посвящены будущему авиации и метеорологии.

Гильзин К. А. В небе завтрашнего дня. М., «Дет. лит.», 1964. 222 с. с ил. (Школьная б-ка).

«Баллистический экспресс», «В небе — атом», «В аэропорту будущего», «На вращающемся крыле» — в этих

и ряде других глав читатели познакомятся с авиационной и космической техникой будущего.

Вальдгард С. Л. Что надо знать о машинах. М., Детгиз, 1958. 168 с. с ил. (Школьная б-ка).

Популярная книга о машиноведении: о роли машин в жизни человека, о физических основах работы машин, о машинах-автоматах и электрификации машин.

Муслин Е. С. Машины XX века. Идеи, конструкции, перспективы. М., «Машиностроение», 1971. 296 с. с ил.

Лучесской К. Л. Вещи поют. Рассказы о технической эстетике. М., «Дет. лит.», 1971. 127 с. с ил.

Иванов С. М. Схватка с роботом. М., «Дет. лит.», 1967. 255 с. с ил.

Иванов С. М. Семь часов в радуге. М., «Молодая гвардия», 1963. 134 с. с ил.

Книги об инженерной психологии и о технической эстетике — о том, как цвет и форма машин и механизмов влияют на работоспособность, безопасность и производительность труда.

Энергия и энергетика

Ларионов Л. Г. Всюду с нами. Про то, с чем ты будешь встречаться каждый день. М., Детгиз, 1960. 158 с. с ил.

Рассказы об устройстве и применении электрических двигателей, которые сейчас всюду нас окружают.

Домбровский В. В. и *Шмульян А. П.* Победа Прометея. Рассказы об электричестве. М., «Дет. лит.», 1966. 158 с. с ил.

«Электрический пикник», «Слоеный пирог Эдисона», «Сила. Скорость. Ум», «Умней человека, но не умней человечества» — вот названия лишь нескольких глав книги, рассказывающей об истории покорения и сегодняшнем дне электрической энергии.

Цунц М. З. Властелин рек. М., «Дет. лит.», 1967. 174 с. с ил.

О плане ГОЭЛРО, о всепланетном гидроэнергетическом центре — Сибири, о дерзновенных проектах поворота северных рек страны на юг.

Ефимов А. В. Сильнее Геркулеса. М., «Сов. Россия», 1971. 143 с. с ил. (Узнай о мире и о человеке).

От пушки Архимеда и паровых машин Ползунова и Папена до реактивного двигателя и МГД-генератора.

Гутовский В. Н. Школьникам об энергетике. Об одной из многих дорог жизни и труда. М., «Просвещение», 1966. 168 с. с ил.

О паровой, ветряной, гидравлической, электрической и атомной энергии.

Бем К. и *Дорге Р.* Атом-гигант. Сокр. пер. с нем. Л., Детгиз, 1960. 303 с. с ил.

Как была открыта атомная энергия и какое применение она найдет в технике будущего — таково основное содержание книги.

Гладков К. А. Энергия атома. М., «Дет. лит.», 1968. 447 с. с ил.

Ряд глав посвящен устройству и принципу работы ядерного реактора (гл. 8), ядерному топливу (гл. 9), развитию атомной энергетики в настоящем и будущем (гл. 10 и 12).

Балабанов Е. М. Солнце на Земле. Рассказы об атоме, атомном ядре и ядерной энергии. Изд. 2. М., «Молодая гвардия», 1964. 280 с. с ил.

Энергетика будущего. Беседы по актуальным проблемам науки. М., «Знание», 1964. 56 с.

Академики Л. А. Арцимович, Н. А. Доллежаль, В. А. Кириллин, М. Д. Миллионщиков, А. Н. Фрумкин и член-корр. АН СССР В. И. Попков рассказывают о новых способах получения электрического тока и о совершенствовании старых, о перспективах развития атомной энергетики, об освоении термоядерной энергии.

Автоматика и кибернетика

Селезнев С. М. Август удивительных открытий. Рассказы об электронике и автоматике. М., «Молодая гвардия», 1966. 335 с. с ил.

Герой книги Славка Макаров знакомится с электронным секретарем, слушает оркестр из одного инструмента, узнает, как машина может играть в шахматы и даже сочинять стихи.

Пекелис В. Д. Маленькая энциклопедия о большой кибернетике. Кибернетика от «А» до «Я». Предисл. А. И. Берга. М., «Дет. лит.», 1973. 415 с. с ил.

Эту книгу можно читать как справочник. В ней в алфавитном порядке в занимательной форме даны основные понятия кибернетики.

Кондратов А. М. Число и мысль. М., Детгиз, 1963. 142 с. с ил. (Школьная б-ка).

В книге рассказано о том, как электронно-вычислительные машины решают сложнейшие задачи, помогают инженеру, филологу, биологу, врачу, экономисту и специалистам многих других отраслей науки и техники.

Захарченко В. Д. Разговор с электрическим мозгом. Необыкновенная беседа автора этих записок с умной машиной по имени Кибер, которая умеет слушать, говорить, смеяться и даже немного мечтать. М., «Дет. лит.», 1965. 256 с. с ил.

Седов Е. А. Занимательно об электронике. Изд. 2. М., «Молодая гвардия», 1972. 352 с. с ил. (Эврика).

Кобринский Н. Е. и *Пекелис В. Д.* Быстрее мысли. М., «Молодая гвардия», 1963. 470 с. с ил.

Эта книга о кибернетике. Она состоит из трех разделов: «Математика и жизнь», «Машина считает», «Машина думает».

Кобринский А. Е. Кто — кого? М., «Молодая гвардия», 1967. 302 с. с ил. (Эврика).

«Героями книги,— пишет А. Кобринский в предисловии,— являются машины и люди, которые их создают. Автор не задавался целью удивить вас рассказами о том, что могут или смогут сделать машины. Он старался объяснить, как человек заставляет их делать то, что ему надо, какие трудности он при этом встречает и как эти трудности ему удается обойти».

Электрическая связь, радиотехника и электроника

Юрмин Г. А. Гонцы-скороходы. М., «Детский мир», 1961. 95 с. с ил.

Гонцы-скороходы — это почта, телеграф, телефон, радио и телевидение. Автор рассказывает об истории средств связи — от почтовых голубей до телевидения.

Вальдман Э. К. Занимательная телеграфия и телефония. Изд. 2, испр. и доп. М., «Связь», 1964. 174 с. с ил.

Что «движется» быстрее — молния или телеграмма?

Почему поют провода? Какого врага телефонной связи обнаруживает радиолокатор? На многие занимательные вопросы отвечает книга, состоящая из трех разделов, посвященных электротехнике, телеграфии и телефонии.

Стейнберг У. и *Форд У.* Электро- и радиотехника для всех. Пер. с англ. М., «Сов. радио», 1971. 368 с. с ил.

Кубаркин Л. В. и *Левитин Е. А.* Занимательная радиотехника. Изд. 3, переработ. и доп. М.— Л., «Энергия», 1964. 280 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека).

Айсберг Е. Радио?.. Это очень просто! Пер. с франц. М.— Л., Госэнергоиздат, 1963. 156 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека).

Книга знакомит с основами радиотехники.

Попов В. Г. «Ти-Ви» (рассказы о телевидении). Л., «Дет. лит.», 1968. 112 с. с ил.

Прочитав эту книгу, ты узнаешь, как ведется передача со студии и со стадиона, люди каких профессий работают на «Ти-Ви» и как они добиваются, чтобы телевизионная передача получалась всегда хорошо и интересно.

Марьянин Я. З. и *Пономарев Д. А.* Телевидение в действии. М., Детгиз, 1961. 110 с. с ил. (Школьная б-ка).

Телеглаз не только развлекает, но и проникает туда, где опасно вести наблюдения самому человеку. Металлургам и железнодорожникам телевидение помогает управлять производством, космонавтам и океанологам — познавать тайны природы.

Айсберг Е. Телевидение?.. Это очень просто! Пер. с франц. М.— Л., Госэнергоиздат. 1963. 136 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека).

О принципах работы телевизионной аппаратуры, и прежде всего приемной. Многочисленные схемы и веселые рисунки помогают усвоить текст.

Артемьев И. А. Будни радиолокации. М., Детгиз, 1960. 287 с. с ил. (Школьная б-ка).

О применении радиолокации на земле и в космосе, на море и в воздухе.

Борисов Е. Б. и *Пятнова И. И.* Ключ к Солнцу. Рассказы о молодой науке и новой области техники, сделавшей возможным космическое радио и телевидение, электростанции без машин и многое другое,— словом, рассказы о полупроводниках. Изд. 2, доп. М., «Молодая гвардия», 1964. 304 с. с ил.

Айсберг Е. Транзистор?.. Это очень просто! Пер. с франц. М.— Л., «Энергия», 1964. 112 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека).

«Мы попытались,— пишет Е. Айсберг в предисловии,— создать книгу, предназначенную для тех, кто уже владеет основами радиотехники и желает без особых трудов освоить особенности транзисторной техники».

Техника космоса

Старостин А. С. Адмирал Вселенной. Королев. Рассказ о времени и человеке. М., «Молодая гвардия», 1973. 238 с. с ил.

Книга рассказывает о жизни и деятельности Главного конструктора первого космического корабля «Восток» С. П. Королеве.

Гагарин Ю. А. Вижу Землю... М., «Дет. лит.», 1971. 61 с. с ил.

Обухова Л. А. Любимец века. (Гагарин). Повесть-воспоминание. М., «Молодая гвардия», 1972. 192 с. с ил.

Космонавты рассказывают. Ю. А. Гагарин. Г. С. Титов. А. Г. Николаев. П. Р. Попович. В. Ф. Быковский. В. В. Терешкова. М., «Дет. лит.», 1964. 184 с. с ил.

Николаев А. Г., Ребров М. Ф. Завтра начинается сегодня. М., «Молодая гвардия», 1972. 96 с.

Летчик-космонавт СССР А. Г. Николаев и журналист М. Ф. Ребров интересно рассказывают о достижениях науки и техники в освоении космоса и о космосе в будущем.

Экономов Л. А. Повелители огненных стрел. (Слово о ракетах и ракетчиках). М., «Молодая гвардия», 1964. 319 с. с ил.

Популярная книга о наших ученых и изобретателях в области космонавтики 20—40-х годов XX в.

Иванов Алексей. Первые ступени. (Записки инженера). М., «Молодая гвардия», 1970. 175 с. с ил. (Эврика).

Гаврилов С. Г. Вот вам мое сердце... Записки испытателя. М., «Сов. Россия», 1970. 176 с. с ил.

Авторы обеих книг — участники и очевидцы событий первых лет космической эры. Они рассказывают о том, как создавались первый искусственный спутник Земли, автоматические межпланетные станции, легендарный «Восток-1».

Летунов Ю. А. Говорит космодром. М., «Дет. лит.», 1973. 158 с. с ил.; 32 л. ил.

Книга о тех, кто работает на космодроме,— конструкторах, инженерах, врачах, рабочих. Рассказ автора дополняют многочисленные фотографии и таблица хронологического перечня полетов на кораблях «Восток», «Восход» и «Союз».

Гильзин К. А. Эра космическая. М., «Дет. лит.», 1972. 320 с. с ил.

В книге три части. Первая — о современной космонавтике. Вторая часть — об успехах в штурме космоса, одержанных в первые годы космической эры. Третья часть посвящена будущему космонавтики.

Маленькие рассказы о большом космосе. (Сборник). Изд. 3. М., «Молодая гвардия», 1968. 300 с. с ил.

Своеобразная небольшая энциклопедия, которая составлена из коротких статей по различным вопросам, связанным с полетами в космос. Среди них — история космонавтики, ракетная техника, полеты первых космонавтов, перспективы будущих космических путешествий.

Зигель Ф. Ю. Занимательная космонавтика. М., «Машиностроение», 1970. 304 с. с ил.

Губарев В. С. Космический перекресток. М., «Сов. Россия», 1971. 256 с.

В книге показаны основные этапы исследования Луны за пятилетие (1966—1970).

Губарев В. С. Хроника одного путешествия, или повесть о первом луноходе. М., «Молодая гвардия», 1971. 80 с. с ил.

Как добывают полезные ископаемые

Бахтамов Р. Б. Человек штурмует Землю. М., Детгиз, 1963. 238 с. с ил.

Недра Земли — кладовая сокровищ. Как добывали полезные ископаемые в прошлом, как добывают их теперь, как станут добывать в будущем? Какими материалами пользуется современная техника? На эти вопросы отвечает автор.

Андреева Е. В. Без соли не проживешь. Л., Детгиз, 1963. 174 с. с ил.

Без соли не может жить человек, не могут развиваться многие отрасли промышленности. Почему же обыкновенную поваренную соль ничем нельзя заменить? Почему раньше она ценилась дороже золота? Прочитав эту книгу, ты получишь ответы на эти вопросы.

Ляпунов Б. В. Неоткрытая планета. М., Детгиз, 1963. 188 с. с ил.

Какая техника понадобится для добычи ископаемых с больших глубин? Что такое геотехнология? Какая техника будет у космонавтов-геологов, которым предстоит осваивать богатства других планет? В книге ты найдешь ответы на эти вопросы.

Борисов С. С. Занимательно о горном деле. М., «Недра», 1972. 127 с. с ил.

Краснов А. И. Книга о нефти. М., «Молодая гвардия», 1959. 176 с. с ил.

Нефть недаром называют черным золотом. Ведь из нее получают бензин, керосин, этилен, каучук, мазут, меха, пластмассы, удобрения, рубины, типографские краски... Впрочем, трудно даже перечислить все, что можно сделать из нефти. Лучше прочитай книгу о том, как добывают нефть и как используют ее в народном хозяйстве.

Жемчужников Ю. А. и *Гор Г. С.* Каменный уголь. Л., Детгиз, 1956. 79 с. с ил. (Школьная б-ка).

В книге рассказывается, как добывают каменный уголь; как, не вынимая уголь из шахты, заставить его служить человеку; сколько у нас «всесоюзных кочегарок».

Михайлов Б. Голубой меч. М., «Молодая гвардия», 1959. 94 с. с ил.

О том, как советские люди первыми научились добывать уголь водой, считавшейся испокон веков злейшим врагом горняков.

Как получают и обрабатывают металлы

Венецкий С. И. Рассказы о металлах. М., «Металлургия», 1970. 287 с. с ил.

О запасах алюминия на Луне и о секрете остроты самурайских мечей; о марганце, найденном в зубах акулы, и о том, как был позолочен купол Исаакиевского собора,— всего 24 занимательных истории из «жизни» металлов.

Мезенин И. А. Занимательно о железе. М., «Металлургия», 1972. 200 с. с ил.

Об удивительных достижениях современной техники, связанных с использованием металла.

Васильев М. В. Металлы и человек. М., «Сов. Россия», 1962. 416 с. с ил.

О получении и свойствах металлов. О том, как человек узнал удивительные особенности редких металлов, научился наиболее прогрессивным методам металлообработки, нашел металлам бесчисленное применение.

Коровский Ш. Я. Летающие металлы. М., «Машиностроение», 1967. 254 с. с ил.

О свойствах, производстве и применении в авиации алюминия, магния, стали и титана.

Рябикин Б. П. Рассказы о «мудром железе». М.— Л., Госэнергоиздат, 1961. 80 с. с ил.

Рассказы о древнем спутнике человека — магните; о его истории и загадочных свойствах, о том, как магнит нашел широчайшее применение в технике и в быту.

Флоров В. А. и *Юдкевич Р. В.* Металлы будущего. М., «Сов. Россия», 1960. 184 с. с ил.

Книга знакомит читателя с редкими металлами: молибденом, титаном, цезием и другими, которые придают удивительные свойства высококачественным сплавам.

Перля З. Н. Человек режет металл. Рассказы о станках. М., Детгиз, 1958. 350 с. с ил.

Рассказы о том, как люди веками совершенствовали станки для обработки металлов, как техника прошла путь от древнеегипетских и средневековых станков до современных заводов-автоматов и новейших способов резания металлов с помощью электрической искры и ультразвука.

Тувин Ю. Р. Соперник алмаза. М., Детгиз. 1961. 78 с. с ил. (Школьная б-ка).

Шесть тысяч лет алмазы помогали людям бурить наиболее крепкие породы, обрабатывать самые прочные металлы. И вдруг у алмаза — самого твердого вещества — появился соперник. И соперничество кончилось поражением алмазов. А победителем стала... металлургия, но не обычная, а порошковая.

Володин В. С. Чудесный шов. М., «Молодая гвардия», 1961. 175 с. с ил. (Техника семилетки).

Кто открыл электросварку? Можно ли электрическую дугу зажечь под водой? Что такое сварка под флюсом? Сколько километров сварных швов на атомоходе «Ленин»? — книга отвечает на все эти вопросы.

Карпов Л. П. Термист в школе. М.— Свердловск, Машгиз, 1963. 111 с. с ил.

О простейших способах термообработки черных и цветных металлов.

Химическая промышленность

Мар Е. Воздух, которым мы дышим. М., «Дет. лит.», 1972, 80 с. с ил.

Автор рассказывает о древних ученых, впервые разгадавших тайны воздуха, об опытах создания искусственного воздуха, о том, как воздух помогает строить здания и машины, добывать уголь.

Розен Б. Я. Материалы тысячи назначений. Л., Детгиз, 1960. 143 с. с ил.

О том, как полимеры заменяют дерево, металл, кожу и хлопок.

Азерников В. З. 200 лет спустя. М., «Дет. лит.», 1967. 136 с. с ил.

Об опасных путешествиях и случайных находках, об англичанине Макинтоше, наладившем выпуск непромокаемого дождевика, и истории создания сложнейшего материала — синтетического каучука.

Зубарев Г. Н. Твои друзья — полимеры. М., «Дет. лит.», 1965. 128 с. с ил.

О необычайных свойствах полимеров, о том, как они помогают людям проникать в космос, превращать пустыни в плодородные земли, лечить больных.

Васин М. Д. Два шага до чуда. Л., «Дет. лит.», 1966. 176 с. с ил.

«Драгоценные пузыри» и «Зеленая фабрика», «В поисках самобранки» и «Пусть не плачет гевея» — вот названия лишь нескольких глав книги, посвященной роли химии в технике, сельском хозяйстве и быту.

Ляпунов Б. В. Химия всюду. М., «Дет. лит.», 1965. 158 с. с ил.

Ляпунов Б. В. Химия завтра. М., «Дет. лит.», 1967. 191 с. с ил.

В этих книгах рассказывается о «чудесах» химии, ставших реальностью в наше время, и таких, которые суждено увидеть только будущим поколениям.

Строительство

Лучесской К. Л. Этажи, озаренные солнцем. Об искусстве градостроения, о мастерстве наших архитекторов и строителей расскажет вам эта книжка. М., «Дет. лит.», 1971. 32 с. с ил. (Рассказы о девятой пятилетке).

Ермолович Н. И. Поправки к географии. Рассказ о новых стройках, меняющих облик нашей страны. М., «Дет. лит.», 1972. 40 с. с ил. (Рассказы о девятой пятилетке).

Тонин Ю. А. Каменный друг. Л., «Дет. лит.», 1969. 327 с. с ил.

Автор рассказывает о строительстве городов в прошлом, настоящем и будущем.

Тонин Ю. А. Как камень стал железным. Л., Детгиз, 1956. 159 с. с ил.

Почему бетон называют чудесным камнем? Когда впервые его стали употреблять? Что такое железобетон? Вот о чем говорит эта книга.

Зубарев Г. Н. Дом сделан на заводе. М., Детгиз, 1958. 127 с. с ил. (Школьная б-ка).

Дом не строится, а собирается из готовых деталей, пришедших на смену кирпичу. Башенный кран быстро поднимает и устанавливает готовые стены, перегородки. Книга рассказывает о сборном железобетоне, совершившем революцию в строительстве.

Дижур Б. А. Стеклянная река. Рассказы о стекле. М., «Дет. лит.», 1967. 175 с. с ил. (Школьная б-ка).

В огне землетрясений появилось на нашей планете первое вулканическое стекло. Люди же научились получать стекло более 5000 лет назад. С тех пор стекло все более входит в жизнь человека. Ныне наука и техника невозможны без стекла.

Книга «Стеклянная река» знакомит с историей стекла, технологией его изготовления и разнообразным применением.

Арсеньев Л. Б. Накануне новоселья. М., «Молодая гвардия», 1962. 109 с. с ил.

Пеностекло и древесностружечная плита, минеральная вата и струнобетон — это новые строительные материалы. Пакетировщик и складывающийся кран, панелевоз и вертолет — современная строительная техника. О них эта книга.

Как изготовляют одежду и продукты питания

Юрмин Г. А. Дорогу, волшебная нитка идет! М., «Детский мир», 1962. 80 с. с ил.

Прочитай эту книжку — и узнаешь о таких тканях, которые теплы, как шерсть, и легки, как шелк, в воде не тонут и в огне не горят, да и моль их не ест.

Орлов В. Т. О чем рассказывает нитка. (Ткани в поле растут). М., Детгиз, 1961. 112 с. с ил. (Школьная б-ка).

Книга знакомит с машинами, которые перерабатывают лен, пеньку, кенаф и джут на прядильно-ткацких фабриках.

Капустин И. И. Конвейер скороходов. М., «Молодая гвардия», 1960. 80 с. с ил. (Техника семилетки).

Как машины делают обувь.

Елизаветин Г. В. Всему голова. Изд. 2. М., «Дет. лит.», 1967. 144 с. с ил.

Об истории хлебопечения от древней Помпеи до современного хлебозавода-автомата.

Полторацкий В. В. Гнездо Хрустального Гуся. М., «Дет. лит.», 1972. 45 с. с ил.

О том, как варили стекло в XVIII—XIX вв., и сегодняшнем дне завода в Гусь Хрустальном, о сказочных люстрах и стеклянной пряже для машиностроения и самолетостроения.

Транспорт

Маркуша А. М. Время не ждет. Эта книга не только о самолетах, тепловозах, автомобилях, но и о том, как техника служит людям, прокладывающим пути в будущее. М., «Дет. лит.», 1972. 40 с. с ил. (Рассказы о девятой пятилетке).

Крамов В. Д. Путевка в жизнь. (Коротко о профессиях). Вып. 4. М., «Молодая гвардия», 1970. 127 с. с ил.

О массовых профессиях железнодорожного и автомобильного транспорта.

Моралевич Ю. А. Первый в мире. Рассказ об атомном ледоколе «Ленин». М., «Детский мир», 1958. 71 с. с ил.

Болгаров Н. П. По морям, по волнам. Л., «Дет. лит.», 1973. 223 с. с ил.

Книга состоит из четырех частей: «От весла до атомной энергии», «Почему и как плавает судно», «Как построили судно» и «Какие бывают суда».

Квятковский И. А. Ты хочешь быть моряком? Л., «Дет. лит.», 1968. 110 с. с ил.

Книга о морских профессиях (капитан, радист, механик) и об истории создания судов от первых парусников до современных океанских лайнеров.

Гребнев Б. Г. и *Гребнев С. М.* Крылатые корабли. М., Детгиз, 1959. 135 с. с ил.

Ильин В. А. На грани двух стихий. М., «Молодая гвардия», 1964. 144 с. с ил.

Обе книги посвящены крылатым кораблям — скоростным судам на подводных крыльях, открывшим новую страницу в истории судостроения. В книге В. А. Ильина рассказывается и о судах на воздушной подушке.

Ганф Л. А. и *Дмитриев А. Н.* Путь корабля. Л., «Судостроение», 1964. 258 с. с ил.

Популярная книга о кораблях самого различного назначения. Авторы знакомят с историей отечественного кораблестроения, с тем, как проектируют и строят суда, с устройством и работой судовых систем.

Белкин С. И. Голубая лента Атлантики. Л., «Судостроение», 1967. 229 с. с ил.

Обладателем голубой ленты объявлялось судно, которое пересекало Атлантический океан в рекордный срок. Автор и рассказывает о самых крупных и быстроходных лайнерах, которым вручался этот приз.

Белкин С. И. Путешествие по кораблям. Л., «Судостроение», 1972. 310 с. с ил.

Книга рассказывает об этапах жизни корабля — от чертежей на ватмане до... бессмертия.

Скрягин Л. Н. Книга о якорях. М., «Транспорт», 1973. 128 с. с ил.

Издавна люди стремились улучшить конструкцию якоря. Об этом красноречиво говорят 5000 патентов и ав-

торских свидетельств. В книге рассказывается о каменных якорях Древнего Египта, о деревянных якорях римлян, о конструкциях современных стальных якорей весом в несколько десятков тонн.

Берман Л. В. Путешествие по стране Авто. М., Детгиз, 1961. 221 с. с ил.

Герой этой книги — житель страны лилипутов — попадает внутрь громадного «чудовища» — автомобиля. Вместе с ним и вы познакомитесь с устройством автомобиля, поймете, что происходит в машине во время ее работы.

Беляев Н. З. Знакомьтесь — автомобиль! М., «Молодая гвардия», 1957. 192 с. с ил.

Автор живо и доходчиво рассказывает об устройстве автомобиля. В заключение даются советы о том, как управлять автомобилем и устранять мелкие неисправности.

Долматовский Ю. А. Мне нужен автомобиль. М., «Молодая гвардия», 1967. 304 с. с ил. (Эврика).

О том, как в конструкторском бюро рождаются автомобили, о замыслах отечественных и зарубежных автомобильных фирм, о состязаниях автомобилей в прошлом и в наши дни.

Царенко А. П. Поезд отправляется в путь. М., Трансжелдориздат, 1962. 143 с. с ил.

Как появляются поезда и кто руководит их движением, зачем нужны станции, какая сила, способная тащить огромные составы, заключена в электровозах, тепловозах и паровозах. Ответы на эти вопросы ты найдешь в книге.

Дробинский В. А. Поезд мчится по воздуху. Настоящее и будущее рельсового пассажирского транспорта. М., «Транспорт», 1970. 128 с. с ил.

Популярная книга об истории, устройстве и перспективах развития бесколесных поездов, поддерживаемых на весу слоем сжатого воздуха и движущихся по специальным дорогам со скоростью 300—350 км/ч.

Раков В. А. Новые электровозы в девятой пятилетке. М., «Знание», 1973. 64 с. с ил. (Новое в жизни, науке, технике).

Иллюстрированный авиационный словарь для молодежи. М., Изд-во ДОСААФ, 1964. 455 с. с ил.

Словарь содержит около 1000 слов, терминов и понятий, употребляемых в современной авиации.

Ефимов И. М. Сильнее ветра, быстрее звука. (Рассказы о науке полета). Л., «Дет. лит.», 1973. 95 с. с ил.

О первых самолетах Можайского и братьев Райт, о науке аэродинамике и ее создателях, о покорении «пятого океана».

Маркуша А. М. Дайте курс. М., «Молодая гвардия», 1965. 222 с. с ил. (Ровесник).

«Дайте курс» — продолжение книги А. М. Маркуши «Вам — взлет». Автор рассказывает о профессии летчика, о развитии авиации в нашей стране.

Яковлев А. С. Рассказы авиаконструктора. М., «Дет. лит.», 1974. 479 с. с ил. (Золотая б-ка. Избр. произведения для детей и юношества).

От авиамоделиста до известного авиационного конструктора, дважды Героя Социалистического Труда — таков путь автора этой книги. А. С. Яковлев рассказывает не только о самолетах, созданных им, но и о выдающихся конструкторах — Лавочкине, Туполеве, Микояне, Ильюшине, Климове, об известных летчиках-испытателях — Чкалове, Громове, Анохине.

Антонов О. К. Десять раз сначала. М., «Молодая гвардия», 1969. 143 с. с ил.

Автор книги — известный авиаконструктор — рассказывает о сконструированных им планерах и самолетах, о летчиках, которые испытывали и давали путевку в небо этим самолетам.

Инфатьев В. Н. «Мамонты» шагают в будущее. Л., «Дет. лит.», 1971. 208 с. с ил.

Об одной из славных страниц в истории техники — дирижаблестроении, о необыкновенных конструкциях и разнообразном использовании дирижаблей рассказывается в книге. «Мамонты» неба не только в прошлом. «Дирижабль,— писал К. Э. Циолковский,— транспорт будущего».

Гильберг Л. А. Покорение неба. Изд. 2, переработ. М., Изд-во ДОСААФ, 1973. 383 с. с ил.

История развития отечественной авиации и ракетной техники: от создания первого самолета-гиганта в 1915 г. до современного ТУ-154 и пилотируемых космических кораблей.

Экономов Л. А. Поиски крыльев. Мечты. Проекты. Попытки. Опыты. Исследования. Расчеты. Конструкции. Перспективы. Записки Волгарева. М., «Знание», 1969. 384 с. с ил. (Жизнь замечательных идей. Вып. 1).

История и развитие авиационной техники и космонавтики.

Техника на службе науки, искусства и быта

Аграновский В. А. И хорошо и быстро. Служба быта: она нужна всем, потому что делает нашу жизнь удобной и красивой. М., «Дет. лит.», 1972. 40 с. с ил. (Рассказы о девятой пятилетке).

Мушкина Е. Р. Восемь моих профессий. М., «Молодая гвардия», 1971. 222 с. с ил. (Кем быть?).

О работе мастеров добрых услуг в ателье и механизированных прачечных, в ремонтных мастерских и на предприятиях связи.

Крамов В. Д. Путевка в жизнь. (Коротко о профессиях). Вып. 7. М., «Молодая гвардия», 1973. 176 с. с ил.

О профессиях людей, занятых в производстве мебели, домашних холодильников, фарфоровой посуды, игрушек.

Прингл П. Приключения под водой. Пер. с англ. Изд. 2. Л., Гидрометеоиздат, 1964. 229 с. с ил. (На суше, в море, в воздухе).

Популярный очерк о развитии водолазного дела с конца XIX в. до наших дней.

Ляпунов Б. В. Впереди — океан! М., «Сов. Россия», 1961. 179 с. с ил.

Диомидов М. Н. и *Дмитриев А. Н.* Покорение глубин. Изд. 4, испр. и переработ. Л., «Судостроение», 1974. 324 с. с ил.

Обе книги посвящены освоению океана. В них рассказано об исследовательском флоте, о глубоководных аппаратах — батисферах, гидростатах, подводных лодках, батискафах, о том, как техника позволяет человеку освоить океан.

Дорохов А. А. Сердце на ладони. М., Детгиз, 1962. 127 с. с ил.

Когда хирург оперирует человеку сердце, жизнь больного поддерживает искусственное сердце. Об аппаратах и приборах, помогающих одерживать победы над болезнями, рассказано в разделах «Электрические разведчики», «Оружие хирурга» и «Стальное сердце и стеклянные легкие».

Резник Я. Л. Сказ о невыдуманном Левше. Документальная повесть. М., «Дет. лит.», 1966. 80 с. с ил. (Люди и события).

Повесть о жизни уральского шахтера А. М. Сысолятина — современного Левши. Он создает микроинструменты и электронные приборы, спасающие жизнь людям, и тончайшие инструменты для сложнейших глазных операций.

Сапарина Е. В. Тортилла учится думать. М., Детгиз, 1963. 126 с. с ил.

Наиболее важные открытия возможны на стыке биологии и электроники. Дружбе этих наук и ее значению для развития биологии и медицины посвящена эта книга.

Морозов С. А. Человек увидел все. М., «Молодая гвардия», 1959. 207 с. с ил.

О том, как фотография «останавливает» и «убыстряет» ход времени, помогает проникнуть в тайны неведомого и невидимого, открывает путь к недоступному.

Домбровский К. И. Внимание... съемка! М., Детгиз, 1959. 176 с. с ил.

Эта книга о том, как скоростная киносъемка помогает в сложнейших научных исследованиях.

Голдовский Е. М. Кино в науке и технике. М., «Знание», 1962. 32 с. с ил.

Изучение процессов взрыва, поведения материалов, работы сердца, полета птиц, действия механизмов и машин лишь немногие примеры применения научного кино.

Смирнов В. С. От елки до газеты. М., Учпедгиз, 1962. 59 с. с ил. (Политехническая б-ка школьника).

О том, как делают газетную бумагу, какие для этого служат машины, как работает ротационная машина, на которой печатаются газеты.

Горбачевский Б. С. Говорящие листки. М., «Детский мир», 1960. 86 с. с ил.

«Говорящими листками» называли в древности книги и бумагу. Как был отлит первый бумажный лист, как делается бумага сегодня и какой она будет завтра — рассказывает автор.

Немировский Е. Л., Горбачевский Б. С. Рождение книги. М., «Сов. Россия», 1957. 230 с. с ил.

Рассказ о том, как появилось книгопечатание, как оно развивалось вплоть до наших дней, каким можно представить себе завтрашний день полиграфии.

Выдающиеся деятели техники

Рассказы об истории русской науки и техники. М., «Молодая гвардия», 1957. 590 с. с ил.

Очерки о работах русских ученых в области электротехники, металлургии, сельскохозяйственного машиностроения, строительства, двигателестроения, транспорта и т. д.

Яров Р. Е. Творцы и памятники. Рассказы об инженерах. (Бонч-Бруевич. Шухов. Графтио. Геккель. Горячкин). М., «Молодая гвардия», 1972. 238 с. с ил. (Пионер — значит первый).

Ивич А. Приключения изобретений. М., «Дет. лит.», 1966. 260 с. с ил.

Занимательные рассказы об истории техники, об удивительных изобретениях и их многочисленных и талантливых творцах.

Голоушкин В. Н. Укрощенная стихия. (Рассказы о русских электротехниках). Л., Детгиз, 1961. 174 с. с ил.

Гумилевский Л. И. Создатели двигателей. М., Детгиз, 1960. 384 с. с ил.

История создания машин, вырабатывающих энергию, начиная с водяного колеса и паровой машины и кончая газовой турбиной. Ползунов, Уатт, Дизель, Жуковский, Лаваль и другие замечательные изобретатели — герои этой книги.

Уилсон М. Американские ученые и изобретатели. М., «Знание», 1964. 151 с. с ил.

Очерки о Б. Франклине, Р. Фултоне, С. Морзе, Т. Эдисоне и других деятелях науки и техники.

Шпанов Н. Н. Повести об удачах великих неудачников. М., Детгиз, 1959. 192 с. с ил.

Об изобретателе парового двигателя Д. Папене и двигателя внутреннего сгорания Ж. Ленуаре.

Мезенцев В. А. Бардин. М., «Молодая гвардия», 1970. 206 с. с ил. (Жизнь замечательных людей).

О выдающемся русском металлурге.

Осипов К. и *Домбровская Е. А.* Путь ученого. Биографическая повесть. Изд. 2. М., «Дет. лит.», 1971. 158 с. с ил.

Об «отце русской авиации» — Н. Е. Жуковском.

Яновская Ж. И. Академик корабельной науки. Л., Детгиз, 1955. 165 с. с ил.

Об академике А. Н. Крылове.

Яновская Ж. И. Кулибин. Л., «Дет. лит.», 1967. 112 с. с ил. (Школьная б-ка).

Кочин Н. И. Кулибин. М., «Сов. Россия», 1972. 94 с. с ил.

Александров И. и *Григорьев Г.* Михаил Курако. Изд. 3, испр. М., «Молодая гвардия», 1958. 143 с. с ил. (Жизнь замечательных людей).

О выдающемся русском металлурге.

Данилевский В. В. Нартов. М., «Молодая гвардия», 1960. 173 с. с ил. (Жизнь замечательных людей).

Шнейберг Я. А. У истоков электротехники. Жизнь и деятельность первого русского электротехника академика В. В. Петрова. М., Учпедгиз, 1963. 147 с. с ил. (Б-ка школьника).

Лятиль П. и *Ривуар Ж.* С небес в пучины моря. (Проф. Огюст Пикар). Сокр. пер. с франц. Л., Гидрометеоиздат, 1967. 143 с. с ил.

Биография создателя стратостата и батискафа — О. Пикара.

Вебер Ю. Вторник, седьмого мая. Рассказ об одном изобретении. Изд. 2, доп. и переработ. М., «Дет. лит.», 1970. 269 с. с ил.

Об изобретателе радио — А. С. Попове.

Виргинский В. С. Джордж Стефенсон — выдающийся английский инженер и изобретатель. (К 175-летию со дня рождения). М., «Знание», 1956. 32 с. с ил.

Алтайский К. Н. Циолковский рассказывает... Кн. 1—2. М., «Дет. лит.», 1967—1971. Кн. 1. 287 с. с ил. Кн. 2. 254 с. с ил.

Дар Д. Я. Баллада о человеке и его крыльях. (О К. Э. Циолковском). Л., «Сов. писатель», 1969. 247 с.

Арлазоров М. С. Циолковский. Изд. 3, переработ. и доп. М., «Молодая гвардия», 1967. 256 с. с ил. (Жизнь замечательных людей).

Виргинский В. С. Черепановы. М., «Молодая гвардия», 1957. 237 с. с ил. (Жизнь замечательных людей).

Лапиров-Скобло М. Я. Эдисон. М., «Молодая гвардия», 1960. 235 с. с ил. (Жизнь замечательных людей).

Капцов Н. А. Павел Николаевич Яблочков, 1847—1894. Его жизнь и деятельность. М., Гостехиздат, 1957. 96 с. с ил. (Люди русской науки).

Юным любителям техники

Пешков Е. О. и *Фадеев Н. И.* Технический словарь школьника. Пособие для практических занятий учащихся V—VIII классов. Изд. 3, испр. и доп. М., Учпедгиз, 1963. 223 с. с ил.

Воротников И. А. Занимательное черчение. Изд. 2, доп. М., «Просвещение», 1969. 129 с. с ил.

Головин В. Л. Сто затей двух друзей. Приятели-изобретатели. М., «Молодая гвардия», 1966. 246 с. с ил.

Рабиза Ф. В. Техника твоими руками. М., Детгиз, 1961. 140 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Леонтьев П. В. Работы по металлу. Л., «Дет. лит.», 1966. 174 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Симонович И. З. Пионер-судостроитель. М., «Дет. лит.», 1964. 142 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Лучининов С. Т. Юный моделист-кораблестроитель. Модели исторических судов. Модели морских и речных судов. Яхты-модели. Модели скоростные. Л., Судпромгиз, 1963. 191 с. с ил.

Михайлов М. А. Модели современных военных кораблей. М., Изд-во ДОСААФ, 1972. 104 с. с ил.

Либерман Л. М. Автомобили на столе. М., «Дет. лит.», 1964. 120 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Либерман Л. М. Машины на стройке. Модели строительных машин. М., Детгиз, 1960. 144 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Гаевский О. К. Авиамоделирование. Изд. 2, испр. и доп. М., Изд-во ДОСААФ, 1964. 356 с. с ил.

Вы узнаете об увлекательном мире авиационной науки и техники. Сможете самостоятельно конструировать авиационные модели.

Лети, модель! Как строить и запускать авиационные модели. М., Изд-во ДОСААФ, 1969. 182 с. с ил.

Лети, модель! Авиационные модели. Микродвигатели. Ракеты. М., Изд-во ДОСААФ, 1970. 160 с. с ил.

В этой книге рассказывается о более сложных моделях самолетов — свободнолетящих, кордовых, радиоуправляемых; о микролитражных двигателях; маленьких ракетах.

Канаев В. И. Ключ — на старт. М., «Молодая гвардия», 1972. 136 с. с ил.

Для тех, кто сегодня строит ракетные модели, а завтра — космические корабли.

Якобсон А. Х. Буду электротехником. Изд. 2, доп. М., «Дет. лит.», 1964. 127 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Попов Б. А. Самодельные оптические и электрохимические приборы. М., «Дет. лит.», 1971. 111 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Рапков В. И. и *Пекелис В. Д.* Юный киномеханик. М., «Дет. лит.», 1966. 304 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Рапков В. И. и *Пекелис В. Д.* Азбука кинолюбителя. Сколько букв в азбуке кинолюбителя? Или как самому написать сценарий, снять фильм, обработать пленку, смонтировать и показать кинофильм. Изд. 2, испр. и доп. М., Профиздат, 1964. 432 с. с ил.

Климчевский Ч. Азбука радиолюбителя. Пер. с польск. Изд. 2. М., «Связь», 1966. 360 с. с ил.

Свыше 1000 схем и чертежей помогут понять основы радиотехники и своими руками построить радиоприемник. Книга доступна учащимся пятых классов.

Борисов В. Г. Юным радиолюбителям. Изд. 5, переработ. и доп. М., «Энергия», 1972. 472 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека).

Сафонов О. А., Лисов А. А. Справочник школьника-радиолюбителя. М., «Просвещение», 1970. 367 с.

Сворень Р. А. Шаг за шагом. От детекторного приемника до супергетеродина. М., Детгиз. 1963. 335 с. с ил. (Школьная б-ка).

Эта книга для тех, кто хочет стать радиолюбителем-конструктором и строить замечательные электронные приборы: приемники, усилители, радиостанции, магнитофоны. В книге коротко изложены элементы электротехники, которые нужно знать радиолюбителю.

Сворень Р. А. Шаг за шагом. Усилители и радиоузлы. М., «Дет. лит.», 1965. 269 с. с ил.

Вы узнаете о ламповых усилителях низкой частоты, громкоговорителях и их акустическом оформлении, о некоторых путях улучшения качества звучания радиоаппаратуры. Рассказ об основах радиоэлектроники и принципах усиления иллюстрируется схемами и описаниями радиолюбительских конструкций.

Сворень Р. А. Шаг за шагом. Транзисторы. М., «Дет. лит.», 1971. 352 с. с ил.

В книге говорится о транзисторах, о том, как они устроены и как работают. Имеется много схем приемников, усилителей и других электронных приборов.

Отряшенков Ю. М. Азбука телеавтоматики. М., «Дет. лит.», 1967. 254 с. с ил. (Б-чка пионера «Знай и умей»).

Чертежи и описания простейших телеуправляемых моделей.

Иванов Б. С. Электроника своими руками. М., «Молодая гвардия», 1964. 167 с. с ил.

Простая кибернетика. М., «Молодая гвардия», 1965. 160 с. с ил.

Чертежи и описания ряда простейших кибернетических устройств и игрушек.

Пособия по моделированию. Два раза в месяц выпускаются в виде приложения к журналу «Юный техник». Кроме того, издательство «Детская литература» издает «Библиотечку пионера «Знай и умей», ряд выпусков которой посвящен техническому творчеству; издательство «Молодая гвардия» — «Мастерок», который поможет вам своими советами, как из простых материалов сделать полезные и занятные вещи; издательство ДОСААФ — «Библиотеку юного конструктора», предназначенную, как правило, умельцам «со стажем»; издательство «Энергия» — «Массовую радиобиблиотеку», выпуски которой доступны пионерам и школьникам, увлекающимся радиотехникой. С 1965 г. издательство «Энергия» выпускает серию книг для школьников — «Юным радиолюбителям».

Популярные журналы по технике

Военные знания
За рулем
Знание — сила
Катера и яхты
Крылья Родины
Моделист-конструктор
Наука и жизнь
Радио
Техника — молодежи
Юный техник

Словарь-указатель

А

Абсорбция
— поглощение вещества из раствора или газовой смеси жидкостями
297

Авиагоризонт
— прибор, показывающий положение продольной и поперечной осей самолета по отношению к горизонту
417

Авиасекстант
— инструмент для определения местонахождения самолета
420

Автомат
— самостоятельно действующее устройство (или совокупность устройств), выполняющее по заданной программе без непосредственного участия человека процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, материала и информации
89, 90, 91, 93, 154, 261

Автоматизация производства
— применение комплексов устройств, позволяющих осуществлять производственный процесс без непосредственного участия человека
9, 17, 19, 96, 100, 103, 109, 300, 344

Автоматическая линия
— совокупность машин, автоматически выполняющих весь цикл операций по производству изделий
100, 262, 471

Автоматическая межпланетная станция (АМС)
— космический летательный аппарат, предназначенный для полета к небесным телам и для изучения межпланетного космического пространства, Луны, планет
194, 195, 196

Автоматизированная система управления (АСУ)
— система управления производством, основанная на применении электронной вычислительной техники. С помощью АСУ осуществляется оперативное и технико-экономическое планирование, учет и регулирование производства
39, 99, 107

Автоматическая телефонная станция (АТС)
— телефонная станция, на которой все операции по соединению абонентов между собой выполняются автоматически
95, 112, 119

Автоматический контроль
— проверка работы машин с помощью измерительной и сигнальной аппаратуры без непосредственного участия человека
96, 410

Автоматическое регулирование
— поддержание регуляторами без непосредственного участия человека требуемых показателей, характеризующих режим работы машин
98, 108, 109

Автопилот
— устройство для автоматического управления самолетом или вертолетом
31, 93, 418, 420

Автостоп
— устройство для автоматической остановки поезда
378

Агломерация (в металлургии)
— термический процесс образования относительно крупных кусков из мелких материалов (руды, рудных концентратов, содержащих металлы отходов, и др.) путем спекания на агломерационных машинах
223

Агрегатный станок
— металлорежущий автоматический станок, составленный из стандартных агрегатов (узлов). Он предназначен для производства одной определенной операции
261

Акваланг
— аппарат для дыхания человека под водой. Воздух в акваланге находится в сжатом состоянии в баллонах
446

Акватория
— водное пространство в границах порта
400

Аккумулятор
— устройство для накопления энергии
432, 434, 438

Акселерометр
— прибор для измерения ускорения
420

Аксонометрия
— способ изображения предметов на чертеже
40

Алгоритм
— совокупность математических операций, выполняемых в определенном порядке, для решения задач данного типа
19, 104

Алмаз
— минерал, чистый кристаллический углерод
218

Амортизатор
— устройство для смягчения ударов
436

Амортизация
— постепенное перенесение стоимости основных фондов (зданий, сооружений, машин, оборудования и т. п.) на производимый продукт в связи с их физическим и моральным износом
47

Анодно-механическая обработка
— один из способов *электроэрозионной обработки* (см.) металлов
264

Аносов, Павел Петрович
(1799—1851) — русский металлург. Всемирную известность приобрели его работы по производству стали
488

Антенна
— устройство для излучения и приема радиоволн
134, 137, 139, 141, 142, 143, 169, 175, 176, 185

Антипирены
— негорючие вещества
310

Антонов, Олег Константинович
(р. 1906) — советский авиаконструктор
407

Арматура (в строительстве)
— металлические стержни, образующие скелет железобетонных деталей сооружения
314

Асинхронный двигатель
— электродвигатель переменного тока, у которого частота вращения ротора не равна частоте вращения магнитного поля (не синхронна с ним, т. е. асинхронна) и изменяется в зависимости от нагрузки
80

Атомная электростанция
— энергетическая установка, преобразующая в электрическую энергию тепло, выделяющееся в ядерном реакторе
81, 82

Атомоход
— общее название кораблей (надводных и подводных), имеющих в качестве основного источника энергии ядерную силовую установку
381, 393

Ахтерштевень
— основное крепление кормы судна, конструкция, жестко связанная с килем
383

Аэродинамика
— наука, изучающая движение газов и твердых тел в газах
490

Б

Бак (на кораблях)
— передняя повышенная часть верхней палубы судна
383

Бардин, Иван Павлович
(1883—1960) — советский металлург. Труды по вопросам проектирования мощных металлургических заводов, комплексного использования новых видов металлургического сырья, интенсификации металлургических процессов
239

Батискаф
— глубоководный самоходный аппарат для исследований в морях и океанах
447

Батисфера
— стальная камера для исследований под водой
447, 449

Белл, Александер Грейам
(1847—1922) — американский изобретатель, один из создателей телефона
111, 492

Бенардос, Николай Николаевич
(1842—1905) — русский инженер, создатель электрической дуговой сварки
273

Бессемер, Генри
(1813—1898) — английский изобретатель. Разработал способ (бессемеровский способ) передела жидкого чугуна в сталь продувкой воздуха в специальном агрегате — *конвертере* (см.)
227

Бетатрон
— ускоритель электронов
285

Бетон
— искусственный строительный материал, затвердевшая пластическая смесь на основе вяжущего материала
311, 312, 314

Бимс
— поперечная балка корпуса судна
383

Блокировка железнодорожная
— система устройств для регулирования следования поездов по одному пути
376

Блюминг
— крупный прокатный стан для обжима тяжелых стальных слитков (до 18 т)
235, 236

Блюмы
— стальные заготовки квадратного сечения, полученные из слитков на обжимных блюмингах
235

Бронза
— сплав меди с оловом и некоторыми другими металлами
242

Буксир
— судно, предназначенное для тяги или толкания судов, плотов, плавучих доков и т. д.
390

Бульдозер
— гусеничный трактор, оборудованный отвалом для перемещения грунта
21, 26, 319, 320

Бункер
— хранилище сыпучих и кусковых материалов
225

Бурение
— совокупность работ по прокладыванию в земной коре буровых скважин для разведки или добычи полезных ископаемых
203

В

Вагранка
— шахтная печь для плавки чугуна в литейном производстве
246

Вакуум-аппарат
— аппарат, в котором процессы осуществляются при давлении значительно ниже атмосферного
346, 351, 352, 353

Верстатка
— металлическое приспособление для укладки строк ручного набора в типографии
450

Вертолет
— летательный аппарат, поднимающийся и летающий с помощью одного или нескольких несущих винтов
391, 410

Взаимозаменяемость (в машиностроении)
— возможность замены при сборке или ремонте однотипных деталей и узлов машин без дополнительной обработки
35

Вибратор
— устройство для создания необходимых при некоторых процессах механических колебаний (вибрации)
317, 319, 482

Визир
— прибор, измеряющий отклонения самолета от заданного направления под влиянием ветра
420

Водоизмещение
— объем или масса воды, вытесненной плавающим судном
382

Волновод (радиоволновод)
— полая металлическая или металлизированная изнутри труба, обычно прямоугольного или круглого сечения, служащая для передачи главным образом сантиметровых, миллиметровых радиоволн
118, 124, 125, 137

Волнолом
— вал, ограждающий от волн водное пространство порта
401

Волокна химические
— группа волокнистых материалов, преимущественно текстильного назначения, получаемых из природных и синтетических полимеров
17, 329, 330

Вулканизация
— технологический процесс превращения каучука в резину
342

Выпор
— вертикальный канал для отвода из литейной формы газов и контроля заполнения ее металлом
246

Выпрямитель
— преобразователь переменного тока в постоянный
78, 148, 150

Вытягивание (в прядильном производстве)
— процесс утончения пряжи на вытяжном аппарате — одной из частей прядильной машины
331

Г

Газгольдер
— хранилище газа
205, 312

Газовая турбина
— тепловой лопаточный двигатель. Обычно состоит из компрессора, камеры сгорания, турбины
72

Газопровод
— сооружение для транспортировки газов по трубам
205

Газотурбовоз
— локомотив с газотурбинным двигателем
373

Гальванотехника
— электролитическое осаждение металлического слоя на поверхности металлических и неметаллических изделий
22

Генератор электромашинный
— машина для превращения механической энергии вращения в электрическую энергию переменного или постоянного тока
58, 75

Геодезические искусственные спутники Земли
— искусственные спутники, предназначенные для определения точных координат отдельных пунктов на поверхности Земли
177

Геотермическая электростанция
— комплекс сооружений для превращения тепла горячей подземной воды в электрическую энергию
69

Герон Александрийский
(I в. н. э.) — древнегреческий ученый в области прикладной механики, живший и работавший в Александрии
89

Гетеродин
— маломощный ламповый или полупроводниковый генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частот в *супергетеродине* (см.). Гетеродин создает колебания вспомогательной частоты, которые смешиваются с поступающими извне колебаниями высокой частоты, в результате чего получается постоянная разностная (промежуточная) частота
134

Гидравлическая турбина
— лопастной двигатель, приводимый во вращение напором жидкости, обычно речной воды
60

Гидрометаллургия
— извлечение металлов из руд и отходов различных производств водными растворами химических веществ и последующее выделение металлов из раствора
241

Гидромонитор
— устройство, дающее мощную струю воды, которой размывают грунт, горную породу, руду и т. д.
21, 208, 323

Гидроэлектростанция (ГЭС)
— совокупность устройств, предназначенных для превращения энергии водных источников в электрическую энергию
62

Гирокомпас
— указатель курса, основанный на свойстве *гироскопа* (см.) с маятником устанавливаться по истинному (географическому) меридиану; применяется на современных судах
396, 397

Гироскоп
— волчок, тяжелое тело, быстро вращающееся вокруг своей оси симметрии; сохраняет неизменное положение оси вращения в пространстве при любых поворотах арматуры. Это свойство гироскопа используется в ряде технических устройств, например в *гирокомпасе* (см.)
93, 165, 417

Годдарт, Роберт
(1882—1945) — американский ученый, один из пионеров ракетной техники
496

Горн
— 1) кузнечный очаг для накаливания металлических заготовок; 2) нижняя часть шахтной печи, где сжигается топливо и собираются расплавленные материалы
225, 226

Горный комбайн
— машина, производящая все основные операции по отделению полезного ископаемого или породы от массива и погрузке их в транспортные средства
200, 206, 207, 216

ГОСТ
— Государственный общесоюзный стандарт
34, 36

Грейфер
— грузозахватное устройство с поворотными створами
206, 458

Гуревич, Михаил Иосифович
(р. 1892) — советский авиаконструктор
405

Д

Датчик (первичный преобразователь)
— часть автоматического или телемеханического устройства, воспринимающая воздействие извне и передающая соответствующий сигнал контрольно - измерительному или регулирующему прибору
93, 146, 281, 283, 284, 470

Двигатель
— машина, преобразующая энергию какого-либо вида в механическую энергию
20, 22, 58, 69, 79, 485

Двигатель внутреннего сгорания
— тепловой двигатель, в котором топливо сжигается внутри рабочего цилиндра
22, 73, 371, 425, 427, 429, 493

Движитель
— устройство, преобразующее работу двигателя в силу тяги, необходимую для движения машины (например, воздушный винт самолета, гребной винт судна, ведущее колесо автомобиля)
21, 382, 383

Двухтактный двигатель
— двигатель внутреннего сгорания, у которого рабочий процесс совершается за два хода поршня
70

Деривационная ГЭС
— гидроэлектростанция, к зданию которой вода подается от источника воды по каналам, трубопроводам, тоннелям
63

Детандер
— машина для охлаждения газа путем его расширения с отдачей внешней работы
362

Детектор (в радиотехнике)
— устройство, преобразующее (выпрямляющее) переменный ток в ток одного направления. Применяется в радиоприемниках для выделения колебаний более низкой частоты (например, воспринимаемой человеческим ухом) из высокочастотных модулированных колебаний
132, 135

Дефектоскопия
— совокупность физических методов, применяемых для обнаружения внутренних и поверхностных пороков в изделиях
284

Дефибрер
— машина для измельчения древесины в волокнистую массу
483

Дизель, Рудольф
(1858—1913) — немецкий изобретатель. Построил двигатель внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия
70, 493

Дизельный двигатель
— двигатель внутреннего сгорания, в котором топливо воспламеняется от высокой температуры, возникающей при сильном сжатии воздуха в рабочем цилиндре
22, 70, 371, 425, 429, 493

Диод
— электровакуумная, ионная или полупроводниковая лампа с двумя электродами
129, 130, 150

Дифференциал автомобиля
— механизм, позволяющий ведущим колесам автомобиля вращаться с разной скоростью
424, 432

Док
— сооружение для постройки или ремонта судов
400

Доливо-Добровольский, Михаил Осипович
(1862—1919) — русский

ученый, создатель техники трехфазного тока
75

Долото (буровое)
— инструмент для ударного и вращательного бурения скважины
202

Доменная печь, или домна
— шахтная печь для выплавки чугуна из железной руды
225

Допуск
— допускаемые при изготовлении детали отклонения от заданных размеров
35, 42

Драга
— плавучее землечерпательное или землесосное сооружение, применяемое для разработки месторождений золота, платины, олова, алмазов и других полезных ископаемых из россыпей
212, 390

Дрифтер
— морское рыболовное судно, приспособленное для лова сетью
389

Дуралюмин
— сплав алюминия с медью и небольшими количествами марганца, магния и др.
242, 406

Ж

Жаккарда машина
— механизм ткацкого станка для выработки тканей с крупным узором
333

Железобетон
— конструктивное монолитное соединение бетона и стальной арматуры
37, 312, 313, 314, 316

Жидкостные реактивные двигатели
— ракетно - реактивные двигатели, работающие на жидком горючем и окислителе
156

Жуковский, Николай Егорович
(1847—1921) — русский ученый. Основоположник современной гидро- и аэромеханики
490, 492, 497

З

Забой
— 1) место в руднике, где производится отбойка полезного ископаемого; 2) дно буровой скважины
206

Закалка
— процесс нагрева металла до определенной температуры с последующим быстрым охлаждением; при этом резко повышается твердость и прочность металла
288

Землесосный снаряд
— установка для разрыхления, подъема и перемещения разжиженного грунта
208, 209, 323, 390, 402, 480

Землечерпательный снаряд
— установка для углубления речного или морского дна
402

Золотник
— механизм для изменения направления и расхода потока жидкости, пара или газа
65

Зубчатые колеса (шестерни)
— колеса для передачи вращательного движения от одного вала к другому зацеплением зубьев
24, 432

И

Изложница
— металлическая форма для отливки металла в виде слитков
232, 234

Ильюшин, Сергей Владимирович
(р. 1894) — советский авиаконструктор
404, 407, 408

Импульс электрический
— кратковременный скачок тока или напряжения в электрической цепи
145

Ингибиторы
— вещества, тормозящие химические процессы
287

Индикатор
— стрелочный измерительный прибор
280, 282, 419, 420

Индукционная печь
— электрическая плавильная печь, использующая тепло, выделяющееся при прохождении индуктированного тока через расплавленный металл
230

Интерферометр
— оптический прибор, основанный на интерференции света. Применяется для измерения размеров и исследования ряда физических явлений
280

Инфракрасная аппаратура
— приборы, действие которых основано на использовании инфракрасных лучей
162, 174

Искатель телефонный
— электрический переключатель абонентов автоматической телефонной станции
119

Искусственный спутник Земли
— космический летательный аппарат, способный двигаться по геоцентрической орбите без затраты дополнительной энергии
157, 173, 175, 189

К

Кабель
— один или несколько изолированных друг от друга проводников, заключенных в герметическую защитную оболочку. Используется для подземной или подводной передачи электроэнергии, для телефонной и телеграфной связи, в телевидении и телемеханике
78, 111, 117, 123, 125

Каландр
— машина, состоящая из системы валов, между которыми пропускают материал для придания ему гладкости
336, 337, 484

Калибр
— бесшкальный измерительный инструмент для проверки размеров и формы изделий
283

Капрон
— синтетическое волокно высокой прочности и стойкости
298

Карбюратор
— прибор для приготовления горючей смеси из легкого жидкого топлива и воздуха
70, 425

Карбюраторный двигатель
— двигатель внутреннего сгорания, у которого горючая смесь, поступающая в цилиндры, приготавливается в карбюраторе и зажигается от искры
425, 429

Карданная передача
— механизм, передающий вращение от ведущего вала к ведомому, когда оси этих валов не лежат на одной прямой и могут иметь относительное перемещение
23, 24, 424, 433, 434

Каркас
— остов, скелет здания или сооружения, состоящий из отдельных, скрепленных между собой стержней. Он определяет собой прочность, устойчивость, долговечность и архитектурную форму здания или сооружения
305, 320, 328

Карусельно-токарный станок
— металлорежущий станок с вертикальной осью шпинделя и вращением

обрабатываемых деталей (обычно больших диаметров) в горизонтальной плоскости
260, 261

Карьер
— горная выработка для добывания полезных ископаемых открытым способом, непосредственно с земной поверхности
201, 206, 208, 209, 210

Катушка индуктивности
— свернутый в спираль проводник, запасающий магнитную энергию в своем магнитном поле. Она часто имеет магнитный сердечник
127

Каупер, или воздухонагреватель
— аппарат для подогрева воздуха, вдуваемого в доменную печь
223

Квантовый генератор
— генератор электромагнитных волн, в котором используется явление вынужденного излучения
10

Квантовый усилитель
— устройство для усиления электромагнитных волн за счет вынужденного излучения возбужденных атомов, молекул, ионов
10

Кератин
— белковое вещество, главная составная часть волос, шерсти, ногтей, копыт, рогов, перьев животных
324

Кибернетика
— наука об общих закономерностях процессов управления и связи в организованных системах (машины, живые организмы)
9, 18, 103, 108, 109

Киль
— 1) основная часть судового набора — продольный брус, проходящий по всей длине судна в середине его днища; 2) часть хвостового оперения самолета
383, 406

Кимберлит
— магматическая горная порода, содержащая алмазы
218

Клише
— печатная форма с рельефными и печатающими элементами для полиграфического воспроизведения иллюстраций
452

Коаксиальный кабель
— кабель, состоящий из двух изолированных друг от друга концентрических проводников. Внешний кабель имеет вид трубки. Применяется при высоких частотах, до нескольких сотен МГц
116

Ковка
— один из способов обработки металлов давлением, при котором инструмент оказывает многократное прерывистое воздействие на заготовку. Заготовка деформируется и приобретает заданную форму и размеры
249

Код
— система условных обозначений
145, 450, 471, 472

Кокиль
— разборная постоянная металлическая литейная форма
247

Коксовая печь, или коксовая батарея
— устройство для выжигания кокса из каменного угля
223

Колебательный контур
— электрическая цепь, которая состоит из конденсатора и катушки индуктивности
128, 134

Коленчатый вал
— вал, имеющий одну или несколько пар кривошипов. Применяется для преобразования возвратно - поступательного движения поршня во вращательное движение вала (или наоборот)
425

Коллектор
— часть якоря электрических машин, состоящая из изолированных друг от друга медных пластин, соединенных с отдельными частями обмотки якоря
79

Колошник
— верхняя часть шахтных печей, а также засыпное отверстие, куда загружаются все материалы, необходимые для доменного процесса
225

Компрессор
— машина для сжатия газов
72, 298, 359

Конвертер
— аппарат для получения стали из расплавленного чугуна продувкой через него воздуха (атмосферного или обогащенного кислородом)
227, 229

Конденсатор
— 1) прибор для накопления электричества, состоит из нескольких металлических пластин, отделенных друг от друга изолятором; 2) устройство, в котором отработанный пар охлаждается и превращается в воду
66, 126, 127, 128

Кондратюк, Юрий Васильевич
(1897 – 1942) — энтузиаст, работавший в области ракетной техники
498, 499

Контактная сварка
— электросварка, при которой используется теплота, выделяющаяся в месте соприкосновения свариваемых изделий при прохождении через них электрического тока
276, 277

Контейнер
— постоянная тара для перевозки партий грузов на различных видах транспорта
365, 387, 415

Копер
— 1) механический станок для забивки свай в грунт: 2) устанавливаемая над устьем шахты конструкция для подъема и спуска грузов
206

Коробка перемены передач (коробка скоростей)
— механизм для изменения скоростей и направления движения, а также тягового усилия
24, 25, 258, 260, 261, 424, 432, 434

Королев, Сергей Павлович
(1906 — 1966) — советский ученый, конструктор ракетно-космических систем
499

Коррозия
— разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой
262, 286

Космический корабль
— пилотируемый космический летательный аппарат, предназначенный для полета людей
55, 154, 158, 159, 183, 499

Котельная установка
— комплекс установок для получения пара
64, 68

Краскопульт (распылитель)
— пневматический аппарат для распыления красочных составов сжатым воздухом при малярных работах
321

Крепь
— конструкция для крепления горных пород: стойка, рама, свод и др.
207

Кривошипный механизм
— механизм для преобразования одного вида движения в другой. Имеет вращающееся звено в виде кривошипа или коленчатого вала
65

Критические точки Чернова (в металлургии)
— температуры и давления, при которых проис-

ходит переход вещества из одного агрегатного состояния в другое, а также температуры и давления, при которых вещество, находящееся в твердом состоянии, претерпевает различные внутренние превращения
250

Крылов, Алексей Николаевич
(1863 — 1945) — советский математик, механик и кораблестроитель
495

Ктезибий
— (ок. II—I вв. до н. э.) — древнегреческий механик; жил в Александрии
89

Кулибин, Иван Петрович
(1735—1818) — русский механик, конструктор и изобретатель
326, 486

Л

Лаг
— мореходный инструмент, измеряющий скорость судна или пройденное им расстояние
396

Лазер, или оптический квантовый генератор (ОКГ)
— источник когерентного светового излучения, основанный на вынужденном излучении атомов, молекул, ионов
86, 118, 124, 149, 188, 267

Лайнер
— крупное морское (океанское) пассажирское судно. Воздушный лайнер — крупный пассажирский самолет
381, 389, 407, 409

Латекс
— клеточный млечный сок каучуконосных растений
337

Латунь
— сплав меди с цинком
242

Легированная сталь
— сталь, в состав которой введены так называемые легирующие элементы: хром, никель, ванадий и другие, улучшающие свойства стали
36, 229

Ленточные машины (в текстильном производстве)
— прядильные машины, служащие для получения параллельного расположения волокон прядильных материалов
331, 334

Ленуар, Жак Этьен
(1822—1900) — французский инженер, один из изобретателей двигателя внутреннего сгорания
69

Леонардо да Винчи
(1452—1519) — итальянский ученый, художник, естествоиспытатель, великий математик, механик и инженер
404, 410

Лётки
— отверстия в плавильных, доменных и других печах для выпуска металла и шлака
225

Линотип
— наборная машина, в которой набор отливается целыми строками
450

Литейная форма
— форма, в которую заливают жидкий металл для получения отливки
243, 244, 247, 248, 249

Литера
— металлический брусочек, на верхнем торце которого находится рельефное изображение буквы или знака
449, 450

Литниковый ход
— канал, через который расплавленный металл заливается в литейную форму
246

Лицензия патентная
— разрешение на использование запатентованного изобретения (см. *Патент*)
33

Лоботокарный станок
— металлорежущий токарный станок для обработки деталей большого диаметра, но малой длины
260

Лодыгин, Александр Николаевич
(1847—1923) — русский изобретатель — электротехник. Изобрел электрическую лампочку накаливания
489, 491

Локомотив
— силовая тяговая установка, движущаяся по рельсовым путям, предназначенная для тяги поездов и отдельных вагонов
369, 370, 371, 372, 373, 374

Лонжерон
— несущая продольная балка в крыле или фюзеляже самолета
406

Лубяные волокна
— волокна, добываемые из стеблей и листьев растений
329

Луноход
— автоматическая лунная станция, способная самостоятельно передвигаться на поверхности Луны, а также аппарат, предназначенный для перемещения на поверхности Луны космонавтов и оборудования
18, 100, 184, 185, 186, 187

Люминофоры
— вещества, которые светятся при возбуждении каким-либо источником энергии: внешним излучением, электрическим разрядом, химическим процессом
138, 150

М

Мазер
— термин, обозначающий квантовые генераторы и квантовые усилители радиодиапазона, основанные на вынужденном излучении атомов, молекул ионов
10, 149

Манипулятор
— машина для перемещения больших поковок под молотом или прессом
254

Мартен, Пьер
(1824—1915) — французский металлург. Предложил новый способ получения стали (мартеновский)
227

Мартеновская печь
— печь, в которой получают различные сорта литой стали путем переработки чугуна, стального, железного и чугунного лома
227

Массовое производство
— производство одноименной продукции в массовом количестве
15, 17, 90

Матрица
— 1) в металлургии — нижняя часть штампа, имеющая углубление (или сквозное отверстие), соответствующее по форме обрабатываемой детали; 2) в полиграфии — углубленная форма для отливки шрифтов ручного набора, для механизированного набора в наборных машинах, а также углубленная копия наборной формы, служащая для изготовления стереотипов, необходимых для печатания повторных изданий или больших тиражей
253, 450

Маховик
— массивное колесо, связанное с вращающимся валом двигателя и обеспечивающее равномерность хода
65, 173, 425

Мембрана
— тонкая пластинка. Применяется во всех звукопередающих и звуковоспринимающих аппаратах (телефон, микрофон) для преобразования электрических или механических колебаний в звуковые и наоборот
113, 284

Менделеев, Дмитрий Иванович
(1834—1907) — русский ученый. Открыл периодический закон химических элементов. Осуществил важные исследования в самых различных областях науки и техники
227, 492

Металлокерамика
— см. *Порошковая металлургия*

Металлорежущий станок
— машина для формообразования, преимущественно металлических изделий, снятием стружки режущим инструментом; при этом обеспечивается заданная точность размеров, соотношение и чистота поверхностей
258, 261

Метеорологическая ракета
— ракета, предназначенная для исследования верхних слоев атмосферы
136, 145

Метрология
— наука об измерениях
278

Механизация
— полная или частичная замена труда человека работой машин, механизмов и приспособлений с целью повышения производительности и улучшения условий труда
109

Механотрон
— электронная лампа, в которой управление электронным током осуществляется механическим перемещением одного или нескольких ее электродов
283, 284

Микрометр
— инструмент с микрометрическим винтом для измерения линейных размеров
280

Микрофон
— прибор, превращающий звуковые колебания в электрические колебания той же частоты
93, 113, 115, 147

Миксер
— сосуд для накапливания жидкого чугуна, его смешивания и частичного удаления вредных примесей
228

Модуляция
— изменение электрических колебаний высокой частоты под воздействием колебаний другой, более низкой частоты
116, 125, 144, 145

Можайский, Александр Федорович
(1829—1890) — русский изобретатель. В 1881—1885 гг. первым в мире сконструировал и запатентовал самолет, который имел все части современного самолета, был построен и испытывался
403, 404, 492

Мол
— портовое оградительное сооружение, одним концом выдающееся в море
400, 401

Молот
— машина ударного действия для обработки металлов давлением
249, 251, 252

Монотип
— буквоотливная наборная машина, набирающая строку из отдельных отлитых букв
450

Морзе, Самюэл
(1791 — 1872) — американский изобретатель. Создал самозаписывающий электромагнитный телеграфный аппарат и телеграфную азбуку
111, 112, 113

Мотальная машина
— машина для перематывания пряжи, поступающей с прядильных фабрик в ткацко-отделочное производство
332

Мульда
— металлическая коробка для загрузки сырья в мартеновскую печь
228

Муфта
— устройство для соединения частей машины между собой
23, 24, 433

Н

Набивные ткани
— ткани с печатным узором
336

Набор судна
— остов судна, состоящий из каркаса, обшивки и настилов
382

Навигационные искусственные спутники Земли
— искусственные спутники Земли, служащие для обеспечения навигации кораблей и самолетов
175

Навигация
— наука, которая позволяет определять местонахождение и прокладывать курс корабля, самолета
165, 396, 410, 417

Нартов, Андрей Константинович
(1680 или 1694—1756) — русский механик, изобретатель суппорта токарного станка
52, 53, 89

Научно-техническая революция
— качественный скачок в развитии познания природы и использовании человечеством ее законов, характеризуемый превращением науки в непосредственную производительную силу общества и последующим переворотом во всей системе производительных сил
7, 13, 19, 109

Начертательная геометрия
— наука, изучающая способы изображения пространственных тел на плоскости
40

Нефтепровод
— сооружение для перекачки по трубам на расстояние нефти или продуктов ее переработки (бензина, керосина, мазута)
205

Нониус
— вспомогательная шкала измерительных инструментов, повышающая точность измерения по основной шкале
279, 280

Нормализация
— установление производственными предприятиями единых норм и требований к типам вырабатываемых деталей
34

Ньюкомен, Томас
(1663—1729) — английский изобретатель. Создал паровую установку для откачки воды из рудника
487

О

Обдувка детали дробью
— обработка поверхности металлических деталей и заготовок с помощью струи чугунной или стальной дроби
287

Обкатка
— процесс обработки сопряженных поверхностей деталей машин. Уменьшает интенсивность изнашивания деталей
287

Обогащение полезных ископаемых
— совокупность операций по обработке руд металлов, угля с целью удаления пустой породы и разделения минералов
213

Обратная связь
— связь между исполнительным и управляющим органами устройства, при которой управляющий орган получает ин-

формацию о положении (состоянии) исполнительного органа и на основании этой информации вырабатывает дальнейшие команды управления
91, 136

Ортогональная, или прямоугольная, проекция
— проекция, получающаяся в результате проведения через все точки фигуры параллельных линий под прямым углом к плоскости проекций до пересечения с ней
40

Основа (в ткацком производстве)
— система нитей на ткацком станке, идущая вдоль него и составляющая продольные нити в готовой ткани
332

Основные производственные фонды
— совокупность средств производства (оборудование, инструмент, транспортные средства), сооружения, здания, которые, участвуя в процессе труда, полностью переносят свою стоимость на продукт труда по частям
16

Остойчивость судна
— способность судна сопротивляться крену и вновь принимать после крена вертикальное положение
382

Отливка
— изделие, полученное литьем
243, 244, 247

Отсек на судне
— замкнутое пространство, отделенное водонепроницаемыми переборками
383

П

Пайка
— соединение металлических частей посредством легкоплавкого металла или сплава (припоя)
276

Палуба
— горизонтальное перекрытие корпуса судна, служащее соответственно полом или потолком для судовых помещений
382, 383, 384, 385

Панель
— крупный элемент стены или перекрытия в здании сборной конструкции
315, 316, 317, 320, 321

Пантограф
— устройство, которое монтируют на крыше электровоза или моторного вагона для съема тока с контактного провода и передачи его тяговым двигателям
370

Папен, Дени
(1647—1714) — французский физик, один из изобретателей парового двигателя
69

Паровая машина
— тепловой двигатель, преобразующий энергию пара в механическую энергию
65, 381, 423, 475, 487

Паровая турбина
— см. *Турбина*

Пароперегреватель
— часть котельной установки, служащая для превращения насыщенного водяного пара в перегретый пар
64

Парсонс, Чарлз Алджернон
(1854—1931) — английский инженер, сконструировавший многоступенчатую паровую реактивную турбину
67

Пастеризация
— способ консервирования пищевых продуктов нагреванием не свыше 100° С
345

Патент
— документ, выдаваемый изобретателю и удостоверяющий его авторство и исключительное право на изобретение
33

Патон, Евгений Оскарович
(1870 — 1953) — советский ученый в области мостостроения и электросварки
273, 274, 278

Патрон
— приспособление к металлорежущему станку для укрепления инструмента или обрабатываемого предмета
258

Пеленг
— угол между направлением компасной стрелки и направлением, по которому виден данный предмет, лучше всего слышны звук или радиосигналы, производимые этим предметом
396

Пенопласты
— искусственные пластические материалы с ячеистой структурой
311

Пентод
— электронная лампа с пятью электродами
130

Передаточное отношение (передаточное число)
— отношение частоты вращения ведущего вала к частоте вращения ведомого вала
23, 24

Переплетение нитей
— взаимное расположение нитей в ткани, определяющее структуру, внешний вид и свойства вырабатываемого материала
333

Перфоратор (пневматический бурильный молоток)
— машина для бурения небольших скважин в горных массивах
206

Перфорированная лента
— бумажная лента, на которой сигналы записывают в виде специальных отверстий в соответствии с кодом
449, 451

Пирометаллургия
— способы получения и очистки металлов в металлургических печах при высоких температурах
240

Плоскость проекции
— плоскость, на которой тем или иным способом изображается пространственное тело
40

Плотина
— гидротехническое сооружение, преграждающее водяной поток (реку и др.) и создающее подпор воды. Плотины строятся для использования водной энергии, улучшения судоходства, орошения, водоснабжения и др.
59, 62

Под
— дно печи
251

Подшипник
— опора валов и вращающихся осей
27, 28, 36, 287, 425

Поковка
— обработанное ковкой или штамповкой изделие
251

Ползунов, Иван Иванович
(1729—1766) — русский теплотехник. В 1763—1764 гг. предложил проекты двухцилиндровых универсальных паровых двигателей
89, 92, 485

Полимерные пленки
— тонколистовые гибкие материалы синтетического происхождения
286

Полимеры
— высокомолекулярные органические соединения, молекулы которых состоят из многочисленных повторяющихся звеньев. Полимерами называют также и технические материалы, получаемые на их основе

(пластмассы, волокна, каучуки, пленки и т. д.)
10, 329, 330

Полуавтомат
— машина, самостоятельно совершающая один рабочий цикл и требующая вмешательства человека для его повторения
91, 342

Полуоси
— валы, служащие для передачи крутящего момента непосредственно к ведущим колесам автомобиля или трактора
432, 433

Полупроводники
— вещества, электропроводимость которых по величине занимает промежуточное место между металлами и изоляторами; находят широкое применение в технике
130, 150

Попов, Александр Степанович
(1859—1906) — русский ученый, изобретатель радио
111, 121, 122, 494

Пенопласты
— пластические материалы с открытопористой структурой
311

Порошковая металлургия
— способ получения особо твердых и тугоплавких изделий путем спекания под давлением металлических порошков
255

Порт
— совокупность сооружений и устройств для стоянки, погрузки и выгрузки судов, а также их ремонта
400

Поточное производство
— тип производства, характеризуемый параллельным выполнением всех операций данного производственного процесса и непрерывным последовательным движением изделия через рабочие места
338, 342, 347

Предварительно напряженный железобетон
— железобетон, в котором созданы взаимно уравновешенные усилия растяжения в арматуре и сжатия в бетоне
314

Пресс
— машина для обработки давлением, оказывающая своими рабочими частями неударное (статическое) воздействие на обрабатываемый материал
250, 253, 480

Пресс-форма
— металлическая форма для литья под давлением
247, 255, 299, 342

Привод
— устройство, служащее для передачи движения, главным образом от двигателя к рабочим органам машины
23, 199

Приливная электростанция (ПЭС)
— комплекс сооружений для превращения энергии морских приливов и отливов в электрическую энергию
63

Программа (для ЭВМ)
— определенная последовательность команд, которую должна выполнить вычислительная машина, чтобы от исходных данных прийти к искомому результату
104

Проекция
— способ изображения пространственных тел на плоскости
40, 41, 42

Прокатный стан
— машина для обработки металлов давлением с помощью вращающихся валков
22, 99, 235, 236, 237, 238

Прядение
— процесс получения из волокон непрерывной нити (пряжи) определенной толщины
331

Пряжа
— нить, состоящая из равномерно и параллельно расположенных и совместно скрученных волокон
329, 331, 332

Пуансон
— верхняя часть штампа. При штамповке входит в нижнюю часть, *матрицу* (см.), и производит необходимую деформацию металла
253

Пудлингование
— способ переработки чугуна в железо
226

Р

Рабочий ход (в двигателе)
— ход поршня во время расширения рабочей смеси в цилиндре двигателя внутреннего сгорания
70

Радиозонд
— прибор для измерения давления, температуры и влажности воздуха в атмосфере, о которых он автоматически сигнализирует по радио
100

Радиолокация
— метод обнаружения и установления местонахождения объектов с помощью радиоволн
140, 162, 396, 417, 420

Радиопеленгатор
— радиоприемное устройство, позволяющее определять направление на передающую станцию путем приема ее сигналов на направленную антенну
420

Радиосекстант
— прибор, применяемый в морской навигации для определения направления на Солнце по его радиоизлучению
396

Радиотелескоп
— радиоприемное устройство для приема и регистрации радиоизлучения внеземных объектов — Солнца, планет, звезд, галактик, облаков межзвездного газа и т. д.
143

Ракета
— летательный аппарат, двигающийся за счет реактивной силы, возникающей при отбрасывании массы газа *реактивным двигателем* (см.)
159, 160, 161, 162, 412, 496, 498

Ракета-носитель
— многоступенчатая ракета, с помощью которой осуществляется запуск искусственных небесных объектов. Последняя ступень ракеты-носителя сообщает объекту необходимую космическую скорость
155, 181, 186

Ракетный двигатель
— *реактивный двигатель* (см.), предназначенный для ракет
22, 73, 156, 157, 496

Растр
— 1) (в полиграфической технике) оптический прибор из двух склеенных стекол с вытравленными и зачерненными параллельными линиями, образующими мелкую сетку; 2) (в телевидении) светящееся поле на экране кинескопа из горизонтальных строк
451

Реактивный двигатель
— двигатель, сочетающий в себе тепловую машину, преобразующую химическую энергию топлива в кинетическую энергию газовой струи, и движитель, создающий силу тяги за счет реакции отбрасываемой из реактивного сопла массы газа
22, 71, 72

Револьверный станок
— металлорежущий станок токарной группы, имеющий на суппорте револьверную (поворотную) головку для установки и крепления в ее гнездах различных режущих инструментов
260

Регенератор (тепловой)
— аппарат для передачи тепла дымовых газов (покидающих печь или котел) воздуху, необходимому для горения топлива, или газу, поступающему в газовые горелки
227

Редуктор
— механизм, изменяющий частоту вращения при передаче движения от одного вала к другому
24, 29

Резание металлов
— механическая обработка металлов снятием стружки для придания изделию заданных конфигураций, размеров и качества поверхности
257

Резец
— инструмент, применяемый при обработке материалов резанием
258, 261

Ректификационная колонна
— аппарат для разделения смеси жидкостей
294, 297

Реле
— устройство, которое под влиянием различных факторов замыкает или размыкает электрическую цепь. Реле подразделяются на реле автоматики, защитные, связи, телемеханики и др.
95, 145

Ременная передача
— устройство, передающее вращательное движение при помощи ремня
23

Ремизка
— устройство на ткацком станке, служащее для разделения нитей основы на части и для прокидки челнока через образующийся зев
333

Ретранслятор
— радиотехническое приемно-передающее устройство, устанавливаемое на подвижном или неподвижном промежуточном пункте линии радиосвязи, для приема, усиления и дальнейшей передачи сообщения от одного пункта к другому
118, 174, 175

Рефрижераторное судно
— судно, снабженное холодильной установкой для охлаждения трюмов
360, 386

Робот
— автомат, выполняющий сложные операции, производящие впечатление человеческих движений
18, 108, 173, 449

Рольганг
— устройство из вращающихся роликов для перемещения штучных грузов
235

Ротор
— вращающаяся часть машины (турбины, электрического генератора)
75, 79, 80, 101, 204, 212

Роторная автоматическая линия
— автоматическая линия с непрерывным синхронным движением инструментов и заготовок. Состоит из рабочих и транспортных роторов
101

Рубка
— 1) судовая надстройка, не соприкасающаяся с бортами судна; 2) закрытое помещение, находящееся в такой надстройке
383, 397

С

Самопрялка
— машина, одновременно скручивающая и наматывающая пряжу
331

Сборное домостроение
— строительство домов путем сборки их из элементов, изготовленных на заводах
317

Сборный железобетон
— изготовленные на заводах железобетонные детали сооружений
314, 317

Сварка
— технологический процесс неразъемного соединения твердых тел путем их местного сплавления или совместного деформирования
271

Сверление
— операция обработки резанием для получения отверстий в металле
258

Себестоимость продукции
— выраженные в денежной форме затраты предприятия на производство и сбыт продукции
14, 15

Северн, Томас
(1650—1715) — английский инженер; изобрел паровой насос, который применялся при откачивании воды из шахт
64

Сейнер
— морское парусно-моторное судно, оборудованное для рыбной ловли кошельковым неводом
389

Секстант
— астрономический инструмент для определения местонахождения судна
165, 175, 396

Сепаратор
— аппарат для разделения на составные части смесей твердых и жидких тел, а также для отделения жидких частиц от газа и пара
213

Сервопривод
— вспомогательное силовое устройство для дистанционного и автоматического управления аппаратами и исполнительными механизмами
31

Сетка управляющая (в электронной лампе)
— электрод, помещенный на пути электронов от катода к аноду
129

Синхронный двигатель
— электродвигатель, ротор которого имеет частоту вращения, равную частоте вращения магнитного поля
80

Скважина буровая
— глубокая выработка круглого сечения в земной коре, сооружаемая в процессе бурения
202, 204

Скип
— ящик для груза, снабженный направляющими роликами и подвешенный на канате подъемной установки
225

Славянов, Николай Гаврилович
(1854—1897) — русский изобретатель, один из создателей электрической дуговой сварки
273

Слябинг
— мощный обжимной стан для получения плоских стальных заготовок — слябов, идущих на прокатку листов
235

Сновальная машина
— машина для производства подготовительной операции в ткацком производстве — снования, т. е. перематывания нитей основы с отдельных катушек на общий вал
332

Сопло
— полая коническая насадка (трубка), служащая для направления и повышения скорости вытекающей струи газа, пара или жидкости из пространства большего давления в пространство меньшего давления
61, 67, 156

Сопротивление
— 1) (электрическому току) величина, характеризующая данный проводник; 2) устройство из проводников, в котором используется их электрическое сопротивление
126

Спецификация
— список узлов, деталей на чертеже
43

Средства производства
— совокупность предметов труда (все то, на что направлен труд человека) и средств труда (вещи, при помощи которых человек воздействует на предмет своего труда и видоизменяет его)
11

Стабилизатор
— горизонтальная часть хвостового оперения, обеспечивающая продольную устойчивость самолета
406

Сталь
— сплав железа с углеродом и примесями марганца, кремния, серы и фосфора. Содержание углерода в стали составляет до 2%
36, 223, 226, 229, 230, 232

Станина
— основание, несущее отдельные узлы и части машины
20, 31, 36, 37, 235, 252, 258

Статор
— неподвижная часть электрической машины
75, 79, 80

Стержень литейный
— часть литейной формы, образующая в отливке внутренние полости, сквозные отверстия и т. д.
245

Стерилизация
— полное уничтожение микроорганизмов в пищевых продуктах
346

Стефенсон, Джордж
(1781 — 1848) — английский изобретатель, создал конструкцию парового
487

Стрингер
— продольная связь (плоский криволинейный брус) корпуса судна или крыла самолета
383, 406

Строгальный станок
— металлорежущий станок для обработки плоских поверхностей
258, 259

Строгание
— обработка резанием поверхности при относительном возвратно-поступательном перемещении обрабатываемого изделия и режущего инструмента
258, 259

Супергетеродин
— радиоприемник, в котором основное усиление сигнала производится на промежуточной частоте, равной разности или сумме частот принимаемого сигнала и вспомогательного генератора — *гетеродина* (см.)
135

Суппорт
— рабочий орган металлорежущего станка, в котором закреплен режущий инструмент. Обеспечивает его установку и передвижение относительно обрабатываемой детали
89, 258, 261

Т

Танк
— закрытый резервуар или отсек на судне для жидкостей или сыпучих тел
389, 402

Танкер
— самоходное наливное судно
383, 388, 402

Твиндек
— междупалубное грузовое помещение, расположенное ниже верхней палубы
383

Телевидение
— передача изображений на расстояние с помощью радиоволн или по специальным кабелям посредством электрических устройств
124, 137

Телеграфный аппарат
— устройство для передачи и приема текста с помощью телеграфной азбуки по проводам или по радио
112, 491

Телеметрия
— измерение на расстоянии
146

Телемеханика
— наука об управлении, контроле и регулировании механизмов на расстоянии; механические средства, образующие различные системы управления на расстоянии
99

Телетайп
— телеграфный аппарат с клавиатурой, как у пишущей машинки, печатающий текст на листе бумаги
112

Тепловоз
— локомотив с двигателем внутреннего сгорания; см. *Локомотив*
26, 371, 372, 373

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ)
— электрическая станция, снабжающая потребителей электроэнергией, паром и горячей водой
68

Термическая (тепловая) обработка
— совокупность операций, связанных с нагреванием и охлаждением, изменяющая механические свойства металлов и сплавов
287, 288

Термостат
— прибор для выдерживания различных предметов при постоянной температуре
346

Термоэлектрический генератор
— термобатарея вместе с подогревающим ее устройством, служащая источником электрической энергии
85

Термоэлектронная эмиссия
— испускание электронов накаленными телами
148

Термоэлемент
— замкнутая цепь из двух разнородных проводников, в которой возникает ток, если места контактов имеют различную температуру
359

Тесла, Никола
(1856—1943) — изобретатель в области электротехники
74

Техника
— совокупность средств труда, развивающихся в системе общественного производства
7, 11, 18

Технология
— наука о последовательном изменении состояния, свойств, формы или размеров сырья, материала и полуфабриката, осуществляемом в процессе производства для получения готового продукта
18, 36, 44, 49, 90, 289, 290

Типизация (в технике)
— система мероприятий, имеющих целью свести производство машин, строительство зданий и сооружений, выполнение технологических процессов к небольшому числу избранных типов (типовых проектов)
35

Тиратрон
— электронная лампа; триод, наполненный парами ртути или инертным газом
150

Ткацкий станок
— машина для производства тканей путем переплетения основных и уточных нитей
332, 333, 335

Токарный станок
— металлорежущий станок, на котором заготовка получает вращательное движение, а резец — поступательное
258, 260

Тормоз
— механизм, служащий для уменьшения скорости или полной остановки машины
28, 374, 436

Транзистор
— полупроводниковый прибор для усиления,

преобразования и генерирования электрических колебаний
132

Трансмиссия
— механизм, служащий для передачи и распределения механической энергии от одного двигателя к рабочим машинам
432

Трансформатор
— аппарат, преобразующий переменный ток одного направления в переменный ток другого направления
74, 76, 116

Траулер
— рыболовное судно для ловли рыбы тралом (большой мешкообразной сетью)
389

Трелевочный трактор
— гусеничный трактор для вывозки (трелевки) древесных стволов с лесоразработок
479

Трехфазный ток
— переменный ток, получающийся от сочетания трех однофазных токов, сдвинутых по фазе один относительно другого на $^1/_3$ периода
75, 80

Триод
— электроваку у м н ы й или полупроводниковый прибор с тремя электродами
129, 130, 150

Трубопровод
— непрерывная линия соединенных труб, используемая для транспортировки жидкостей или газов
365

Трюм
— внутреннее помещение судна под палубой
383

Туполев, Андрей Николаевич
(1888 — 1972) — советский авиаконструктор
404, 405, 491, 497, 500

Турбина
— лопаточный двигатель с вращательным движением, в котором энергия пара, газа или движущейся воды преобразуется в механическую работу
60, 61, 66, 68, 70, 72, 381

Турбобур
— машина для бурения скважин с приводом долота от гидравлической турбины
203, 204

Турбогенератор
— *генератор* (см.), вал которого непосредственно соединен с валом паровой турбины
75, 76

Турбодетандер
— машина для охлаждения газа путем его расширения с отдачей внешней работы
362

Турбореактивные двигатели
— воздушно-реактивные двигатели, имеющие центробежный или осевой компрессор, приводимый в действие газовой турбиной
71

Тюбинг
— элемент сборного крепления подземных сооружений
206, 324

У

Уатт, Джеймс
(1736—1819) — английский изобретатель. Создал паровую универсальную машину двойного действия
65, 66, 89, 486

Ультразвук
— не слышимые человеческим ухом звуковые колебания с частотами свыше 15—20 кГц
264, 284, 339, 442

Управляющая машина
— вычислительная машина, служащая для автоматического управления одним или несколькими сложными объектами
104

Усилитель
— устройство, увеличивающее передаваемую мощность за счет энергии постороннего источника
94, 115, 116, 134, 136, 137, 147, 150

Уток
— поперечная нить, идущая по ширине ткани и вводимая в нее на ткацком станке с помощью челнока
332

Утфель
— кристаллическая масса, получающаяся при уваривании сахарного сиропа в вакуум-аппаратах
351

Ф

Фальцовка
— сгибание печатных листов так, чтобы страницы их были расположены в соответствии с нумерацией
453

Фарадей, Майкл
(1791—1867) — английский физик, создатель учения об электромагнитном поле
121

Фарватер
— определенный путь для безопасного плавания судов, отмеченный предостерегающими знаками
397

Фидерные авиалинии
— линии, связывающие аэропорт с центром города
416

Фильера
— деталь машины для получения нитей искусственного и синтетического волокна
269, 330

Фильтр электрический
— устройство, пропускающее из одной части цепи переменного тока в другую лишь определенный диапазон частот
170

Флотация
— способ обогащения полезных ископаемых, основанный на свойстве измельченных частей полезного ископаемого прилипать к пузырькам воздуха и всплывать с ними на поверхность воды
214

Флюс
— 1) вещество, загружаемое в доменную печь и образующее с различными примесями руды легкоплавкие шлаки, хорошо отделяющиеся от расплавленного металла; 2) (при автоматической сварке) измельченный материал сложного состава, слоем которого засыпается разделка шва и покрывается электрическая дуга в месте сварки
223, 273, 274, 275

Фонограф
— прибор для записи и воспроизведения звука
492

Формовочная смесь
— материал для изготовления литейных форм
245

Форштевень
— вертикальная или наклонная балка набора судна, замыкающая его носовую оконечность
383

Фототелеграфирование
— передача на расстояние неподвижных изображений при помощи проводной связи или радиосвязи
114

Фотоэлемент
— прибор, преобразующий световую энергию в электрическую
86, 93, 471

Фреза
— режущий инструмент с многими лезвиями и вращательными движениями резания
258, 261

Фрезерный станок
— станок для фрезерования металлических и других изделий
258

Фрезерование
— обработка металла, дерева и других материалов, при которой режущий инструмент — фреза — вращается, а обрабатываемый материал движется поступательно
258

Фрикционная муфта
— устройство, применяемое для передачи вращения при посредстве сил трения, развивающихся в самом устройстве
24

Фролов, Козьма Дмитриевич
(1726—1800) — русский гидротехник и изобретатель в области горнозаводского дела
60

Фултон, Роберт
(1765 — 1815) — американский изобретатель. Построил первый в мире колесный пароход
381

Фундамент
— подземная или подводная часть сооружения, служащая для него опорой
305, 321

Фурмы
— трубки для вдувания в плавильные печи сжатого воздуха
225

Фюзеляж
— корпус самолета
406

Х

Холодильные машины
— машины для производства искусственного холода
358

Холодильный агент
— рабочее вещество, которое при своем кипении отводит в испарителе холодильной машины тепло от окружающей среды
358

Храповой механизм
— механизм, препятствующий относительному движению деталей в одном направлении и допускающий движение в противоположном направлении
29

Ц

Цандер, Фридрих Артурович
(1887 — 1933) — советский ученый и изобретатель. В 1930—1932 гг. построил и испытал жидкостный реактивный двигатель. Автор работ по теории космических ракет
496

Цемент
— название большой группы минеральных вяжущих материалов
311, 313

Центрифуга
— вращающееся устройство для механического разделения смесей и обезвоживания твердых материалов в поле центробежных сил
351

Центробежное литье
— способ литья, при котором металл заливается в быстро вращающуюся форму. Действующие на металл центробежные силы повышают качество отливок
249

Центроплан
— центральная часть крыла, составляющая одно целое с фюзеляжем
406

Цепная передача
— устройство для передачи вращения между параллельными валами при помощи замкнутой цепи, надетой на снабженные зубьями звездочки
23

Цинкография
— способ изготовления клише, при котором негатив воспроизводимого изображения копируют на покрытую светочувствительным слоем пластинку, затем пластинку травят кислотой, чтобы получить рельефный печатный элемент
451

Циолковский, Константин Эдуардович
(1857 — 1935) — советский ученый и изобретатель, специалист в области теории и техники реактивного летательного аппарата, воздухоплавания, аэродинамики
152, 155, 156, 189, 196, 394, 492, 498, 499

Ч

Челнок
— приспособление для прокидки утка́ между нитями основы при выработке ткани на станке
332

Червячная передача
— передача вращения посредством особого винта — червяка — и зубчатого колеса
25, 29

Чернов, Дмитрий Константинович
(1839—1921) — русский ученый, металлург
232, 250, 252

Четырехтактный двигатель
— двигатель, осуществляющий рабочий процесс за четыре хода поршня (такта)
69, 493

Чугун
— сплав железа с углеродом (более 2%)
36, 223, 226, 312

Ш

Шагающий экскаватор
— экскаватор, передвижение которого осуществляется поочередной перестановкой его опорных частей
22, 210

Шасси
— 1) (у автомобиля) совокупность всех частей автомобиля без кузова; 2) (у самолета) посадочные элементы — колеса, устройство для их убирания и др.
407, 430

Шатун
— часть кривошипно-шатунного механизма, соединяющая поршень с коленчатым валом двигателя или с кривошипом
65, 425

Шахта
— горное предприятие, ведущее подземную добычу полезного ископаемого
201, 206

Шиллинг, Павел Львович
(1786—1837) — русский ученый, изобретатель электромагнитного телеграфного аппарата
111

Шихта
— смесь материалов, а во многих случаях и топлива, подлежащая переработке в металлургических, химических и других агрегатах
223

Шлаки
— каменистые вещества, побочный продукт при выплавке металлов и руды
225, 231

Шлифовальный круг
— инструмент, изготовленный из вещества с кристаллическим зернистым или порошкообразным строением
258, 261

Шлицевое соединение
— подвижное или неподвижное соединение при помощи продольных многочисленных выступов (шлицев) на одной и впадин на другой детали
30

Шлюз
— сооружение для перевода судов с одного уровня воды на другой
398, 399, 400

Шпангоуты
— поперечные ребра в силовом наборе судна или фюзеляжа самолета, обеспечивающие их прочность и устойчивость
383

Шпация
— металлическая пластина для образования

пробелов между словами или буквами при наборе
449

Шпиндель
— вал станка, связанный с приводом и несущий приспособление для зажима обрабатываемого предмета или инструмента
21, 258

Шпонка
— крепежная деталь машин в форме призматического стержня, входящего одновременно в вал машины и в соединяемую с ним деталь
30

Штамп
— металлическая форма или инструмент для изготовления изделий путем штамповки
252

Штамповка
— способ обработки металла давлением с помощью штампов на молотах и прессах
249, 252, 254

Штангенциркуль
— мерительный инструмент
279, 280

Шток
— цилиндрический стержень, жестко соединяющий поршень парового двигателя (или насоса) с ползуном
65

Штрек
— горизонтальная подземная выработка, проведенная по массиву месторождения полезного ископаемого
206, 207

Шухов, Владимир Григорьевич
(1853 — 1939) — советский инженер и ученый в области механики, теплотехники и строительной техники
312

Щ

Щебень
— небольшие угловатые куски камня, получаемые в результате дробления
312

Щит проходческий
— передвижная стальная крепь, которая предохраняет от обвалов туннель и штольни горных выработок при подземных работах
324, 325, 367

Э

Эдисон, Томас Алва
(1847 — 1931) — американский изобретатель. Работал в основном в области электротехники и связи
491

Эжектор
— насос, действие которого основано на разрежении, создаваемом струей пара или газа
359

Экскаватор
— машина, производящая выемку и перемещение грунта
32, 208, 210, 211, 217, 319

Экспонометр
— прибор для определения освещенности
456

Электробур
— машина для бурения глубоких скважин, работающая от электродвигателя, вал которого несет на себе бурильное долото
203

Электрод
— 1) проводник, подводящий или отводящий ток в электролите или газе; 2) деталь, подводящая ток к обрабатываемым частям при электросварке или резке
129, 489

Электродвигатель
— машина для преобразования электрической энергии в механическую
22, 79, 98

Электрокар
— грузовая тележка с электродвигателем, работающим от аккумулятора
235, 402

Электрокардиограф
— медицинский аппарат для исследования работы сердца
440, 442

Электролюминофоры
— вещества, которые светятся, когда через них идет электрический ток
151

Электронная лампа
— электровакуумный или газонаполненный прибор, применяемый для генерирования, усиления и преобразования электрических колебаний
130, 148

Электроннолучевая обработка
— обработка материалов, при которой роль режущего инструмента выполняет электронный луч
269

Электронные вычислительные машины
— устройства, предназначенные для решения с помощью электронных схем сложных математических и логических задач
10, 18, 104, 397, 443

Электросварка
— способ неразъемного соединения металлов с помощью тепла, возникающего при протекании электрического тока
273

Электрохимическая обработка
— основана на принципе растворения металла под действием тока в водных растворах солей
262, 265

Электроэрозионная обработка
— обработка металлов, основанная на плавлении микроскопических участков поверхности металла импульсными разрядами электрического тока
262, 263, 264

Электроэрозия
— местное разрушение металлов под действием электрических зарядов
262

Элероны
— части крыла, укрепленные на шарнирах; служат для управления самолетом
406

Энергетическая система
— объединение отдельных электростанций между собой линиями высокого напряжения. В энергетической системе наилучшим образом разрешаются вопросы равномерной загрузки отдельных станций и бесперебойного снабжения потребителей
6, 9, 80, 84

Эстакада
— надземное сооружение в виде моста, устраиваемое для железной или автомобильной дороги
478

Ю

Ют
— возвышение в кормовой части судна
383

Я

Яблочков, Павел Николаевич
(1847—1894) — русский электротехник. Изобретением дуговой лампы — «свечи Яблочкова» — положил начало первой практически применяемой системе электрического освещения
74, 489

Ядерный реактор
— устройство, в котором осуществляется цепная реакция деления ядер атомов тяжелых элементов, чаще всего урана
9, 81, 85

Якоби, Борис Семенович
(1801—1874) — русский физик и электротехник. В 1834 г. изобрел первый в мире практически работоспособный электродвигатель
111, 112

Условные обозначения и сокращения

А	ампер
в.	век
В	вольт
вв.	века
Вт	ватт
Вт/см²	ватт на квадратный сантиметр
ГВт	гигаватт
г.	год
г.	город
г	грамм
Г	генри
г/см²	грамм на квадратный сантиметр
г/см³	грамм на кубический сантиметр
г/ч	грамм в час
ГПа	гигапаскаль (10^9 Па)
Гц	герц
ГГц	гигагерц (10^9 Гц)
ил.	иллюстрация
и т. д.	и так далее
и т. п.	и тому подобное
кА	килоампер
кВ	киловольт
кВт	киловатт
кВт . ч	киловатт-час
кг	килограмм
кгс	килограмм-сила
кгс/см²	килограмм-сила на квадратный сантиметр
кГц	килогерц
км	километр
км/с	километр в секунду
кОм	килоом
коп.	копейка
к. п. д.	коэффициент полезного действия
Л.	Ленинград (в библиографическом указателе)
л	литр
М.	Москва (в библиографическом указателе)
м	метр
м²	квадратный метр
м³	кубический метр
мг	миллиграмм
мг/л	миллиграмм на литр
МГц	мегагерц
мГц	миллигерц
МВт	мегаватт
МВт/мм²	мегаватт на миллиметр в квадрате
мин	минута
мкм	микрометр
мкФ	микрофарада
млн.	миллион
млрд.	миллиард
мм	миллиметр
м/м	метр в минуту
МОм	мегаом
мс	миллисекунда
м/с	метр в секунду
м/с²	метр на секунду в квадрате
мкГц	микрогерц
МПа	мегапаскаль
мПа	миллипаскаль (1 мПа $\approx 10^{-4}$ рт. ст.)
МН	меганьютон
Н	ньютон
Ом	ом
об/мин	оборотов в минуту
нм	нанометр (1 нм $= 10^{-9}$ м)
Па	паскаль
пФ	пикофарада
рис.	рисунок
руб.	рубль
с	секунда
с., стр.	страница
см	сантиметр
см.	смотри
см²	квадратный сантиметр
см³	кубический сантиметр
см/с	сантиметр в секунду
ст.	статья
сут	сутки
т	тонна
т.	том
ТГц	террагерц (10^{12} Гц)
т. е.	то есть
тыс.	тысяча
т/ч	тонн в час
ч	час
°С	градус Цельсия
К	кельвин
‰	промилле
″	угловая секунда

Scan - AAW; Processing,ocr, djvu - waleriy,2017

Детская энциклопедия

Для среднего и старшего возраста

В 12 томах
Изд. 3

Том 5
Техника и производство

528 с. с ил.

03 : 8Ю
Д-38

Ведущий редактор
ШИМАНОВСКАЯ Т. Л.

Редактор
БАГРОВА Л. А.

Младший редактор
БЕРЕЗИНА М. В.

Специальные редакторы:
БЕЛОВ Г. И.
ВЕНЕЦКИЙ С. И.
ДАВЫДОВ Г. Б.
ДУБРОВСКИЙ В. А.
МЕЧЕТНЕР Б. Х.
ЧЕЧИК Е. И.

Контрольные редакторы:
ДУБРОВСКИЙ В. А.
СТОЦКИЙ Л. Р.

Художественный редактор
ВАЛИТ Б. А.

Редактор по фото
ПОПОВА А. А.

Младший художественный редактор
СИЛЬЯНОВА Л. Л.

Художественно-технический редактор
КОПНИНА Н. Н.

Корректоры:
АНТОНОВА В. С.
ЮДИЧЕВА Т. Ф.

Оформление и макет издания художника
ЖУКОВА М. Г.

Макет тома художника
КОСТИНА В. М.

Художник издания
БЯЗРОВ Д. Г.

Иллюстрации в томе выполнили художники:
АНОХИН В. В.
ВЕРЕНТИНОВА Е. К.
ДОЛМАТОВСКИЙ Ю. А.
ЕФИМОВ А. В.
КОШКИН Н. И.
ЛУХИН С. Ф.
МАТВЕЕВ В. С.
МОЛЧАНОВ Э. Р.
ПОЛИНСКАЯ Л. С.
РАДАЕВ В. Д.
РАТМИРОВА Е. В.
РЯЗАНЦЕВ В. А.
СТАХЕЕВА Н. В.
ТОЛКАЧЕВ А. Н.
ТРОФИМОВА Н. А.
ШИМКО В. Т.
ЩЕРБАКОВ Б. М.

Фотоиллюстрации выполнили:
БРЕЛЬ В. Т.
ВАСЮКЕВИЧ Г. Д.
ГЕРМАН В. Д.
ГЕРМАН Д. Н.
ДУЖЕНКОВ А. М.
ЗИМНОХ С. Б.
ИВАНОВ Б. И.
ИСТОМИН В. С.
КРАВЧУК Ю. Я.
ЛОГИНОВ А. С.
МАРКЕЛОВ А. С.
ПАВЛЕНКО В. П.
САЦ С. Ф.
СИНЕЛЬЩИКОВ А. И.
СКЛЯРУК В. В.
СМИРНОВ Г. М.
СТРЕБКОВ А. Я.
УСАЧЕВ В. Т.
ЧУПРИКОВ Ю. И.
ШПИНЕВ А. А.

Издательство «Педагогика»
Академии педагогических наук СССР
и Государственного комитета Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, 107066,
Лефортовский пер., 8
Редакция словарно-энциклопедических изданий.
Москва, 109028,
Хохловский пер., 16

Сдано в набор 29/VI 1973 г.
Подписано в печать 15/II 1974 г.
А05347
Формат 84 × 108¹/₁₆.
Бумага офсетная ГОЗНАК № 1 80 г.
Печ. л. 33. Усл. л. 55,44.
Уч.-изд. л. 65,06.
Тираж 520 000 экз.
[4-й завод 420 001 экз.—
520 000 экз.].
Заказ 514.
Цена 4 р. 15 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
Первая Образцовая типография
имени А. А. Жданова
Союзполиграфпрома
при Государственном комитете
Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-54, Валовая, 28